Canadian Centre for Occupational Health and Safety

Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail

MESURE DU CHAMP ÉLECTRIQUE DE TRÈS BASSES FRÉQUENCES PRODUIT PAR LES TERMINAUX À ÉCRAN DE VISUALISATION (TEV) UTILISÉS PAR LE CCHST

P83-3F

MESURE DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES PRODUIT PAR LES TERMINAUX A ECRAN DE VISUALISATION (TEV) UTILISES PAR LE CCHST

PAR

KAREL MARHA PHD ET DAVID CHARRON
SECTION DES DANGERS PHYSIQUES

CENTRE CANADIEN D'HYGIENE ET DE SECURITE AU TRAVAIL
250 RUE MAIN EST
HAMILTON ONTARIO CANADA L8N 1H6

DECEMBRE 1983
P83-3F

MESURE DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
PRODUIT PAR LES TERMINAUX A ECRAN DE VISUALISATION (TEV)
UTILISES PAR LE CCHST

NUMERO DU CCHST P83-3F

ISBN 0-660-91349-6

NUMERO DE CATALOGUE DSS CC273-2/83-3F

Cette publication est offerte dans
les deux langues officielles.

This publication is available
in both official languages.

Date de publication: 1984

Exemplaires supplémentaires disponibles sur demande.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

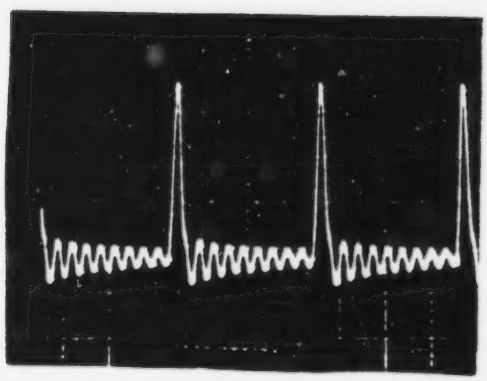
OBJECTIFS

1. Déterminer l'intensité du champ électrique de très basses fréquences qui entoure les terminaux à écran de visualisation utilisés par le CCHST.

2. Si cette intensité est nettement supérieure au niveau ambiant, déterminer s'il existe une méthode simple et pratique d'éliminer ou d'isoler ces champs de la zone entourant les terminaux à écran de visualisation.

INTRODUCTION

Le transformateur de sortie horizontale du terminal à écran de visualisation est une source de rayonnement pulsé de très basses fréquences (voir fig. 1A). Ce transformateur fait partie du circuit de déviation horizontale et de haute tension, qui commande le balayage horizontal du faisceau électronique (voir fig. 1B).



FORME D'ONDE DU CHAMP PULSE DE 15,9 kHz

Fig. 1A

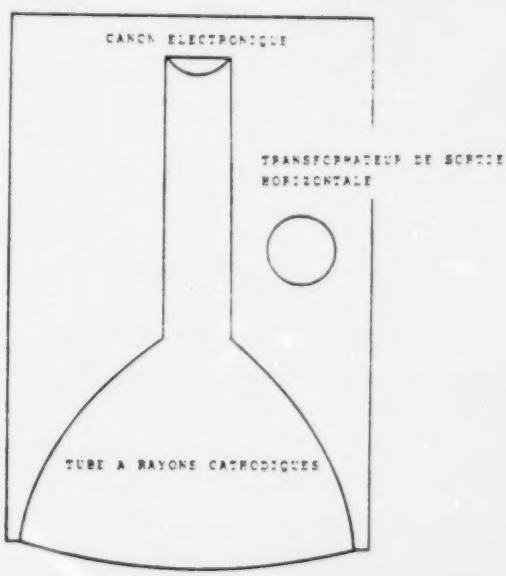


Fig. 1B

Il faut une tension élevée (jusqu'à 25 kV) pour accélérer les électrons du canon électronique. Afin d'obtenir la déviation appropriée du faisceau électronique et la tension voulue, le signal de sortie horizontal doit être pulsé à une fréquence correspondant au produit du nombre de lignes et du taux de régénération, soit normalement de l'ordre de 15,9 kHz.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Cette haute tension pulsée produit le champ pulsé de très basses fréquences qui fait l'objet de la présente étude. Il semble qu'il puisse y avoir une certaine différence dans la forme d'onde selon les endroits où les mesures sont effectuées.

METHODE ET APPAREIL DE MESURE

La mesure des champs de très basses fréquences a été effectuée à diverses distances, dans diverses directions et à diverses hauteurs par rapport aux terminaux à écran de visualisation.

Nous avons utilisé une échelle angulaire graduée de 0 à 360° (à intervalles de 15°) et centrée sur une table pivotante ainsi qu'une échelle de hauteur graduée de -20 à +80 cm dont le 0 correspondait à la base du terminal (voir fig. 2).

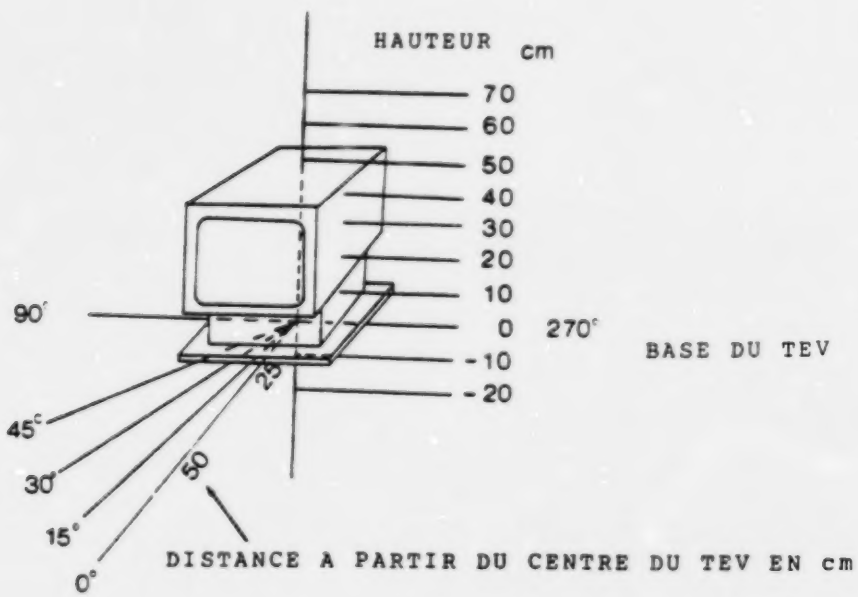


Fig. 2

Les terminaux à écran de visualisation faisant l'objet des mesures étaient placés sur la table pivotante, leur axe vertical coïncidant avec l'axe de rotation de la table.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H

Les mesures ont été prises à des hauteurs allant de -20 à +80 cm (à partir de la base du terminal), à intervalles de 10 cm. A chaque hauteur, nous avons fait la lecture pour des distances variant de 0 à 80 cm du centre du terminal. L'intervalle de mesure était de 5 cm pour des distances radiales jusqu'à 30 cm du centre de l'appareil, et de 10 cm au-delà. Pour chaque distance radiale, les mesures ont été prises à divers angles autour du terminal.

La position de l'opérateur directement en face de l'écran était fixée à 0°, et l'échelle augmentait dans le sens des aiguilles d'une montre par intervalles de 15°. Il est à noter que l'écran se trouve à 20 cm du centre du terminal.

Un repère était placé sur le dessus du terminal pour marquer le centre. L'extrémité d'une ficelle graduée en centimètres et partant de ce centre permettait de mesurer la distance radiale, à partir du terminal dans le plan horizontal.

L'appareil de mesure utilisé était un mesureur de champ électrique IFI (Instruments for Industry) modèle EFS-1 permettant de mesurer la valeur des racines du carré des moyennes de l'intensité des champs compris entre 1 et 300 V/m. L'antenne la plus courte (3/8 po = 0.95 cm) a été utilisée pour mesurer des intensités supérieures à 100 V/m, l'antenne la plus longue (5 po = 12.7 cm), pour des intensités jusqu'à 10 V/m, et l'antenne intermédiaire (1 po= 2.54 cm), pour des intensités comprises entre 10 et 100 V/m. La gamme de fréquences de ce mesureur est comprise entre 10 kHz et 200 MHz (étalement de bande). Il est important de noter qu'on orientait l'appareil de mesure de manière à enregistrer l'intensité maximum du champ à chaque point. On a constaté que la valeur maximum se trouvait lorsque l'antenne était dirégée dans la direction du terminal.

CALIBRATION

Le EFS-1 a été calibré pour des champs pulsés par le Dr S M Harvey du service de recherche de l'Ontario Hydro. Des fréquences pulsées de 15 à 20 kHz respectivement, obtenues à partir d'un générateur de signal, ont été utilisées.

Les mesures effectuées sur ces champs témoins ont montré des erreurs de l'ordre de 10%. Les champs effectivement mesurés autour des terminaux étant soumis à des variables complexes de temps et d'espace, les erreurs seront quelque peu supérieures, sans pour autant dépasser, vraisemblablement, 20% à des distances supérieures ou égales à 5 cm.

Ainsi, le mesureur EFS-1 peut être utilisé pour mesurer, avec une précision satisfaisante, les zones libres de champs électriques autour d'un TEV.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

RESULTATS

A la date des mesures, le CCHST possédait 25 terminaux Wang et 13 terminaux Hewlett-Packard.

A. Terminaux Wang

A la distance de 20 cm en avant de l'écran (soit à 40 cm du centre du terminal), l'intensité du champ de très basses fréquences est inférieure à 20 V/m.

Pour certains terminaux, l'intensité maximale du champ à une distance de 20 cm de l'ouverture de ventilation du côté gauche était de 10 V/m. Pour d'autres, la lecture correspondante était nulle.

Aucun champ mesurable n'a été détecté dans les autres directions, ni au-dessus ni au-dessous du terminal.

A l'intérieur des terminaux on peut remarquer, une fois l'enveloppe de l'appareil enlevée, une feuille métallique. Celle-ci sert à isoler les rayonnements de très basses fréquences.

B. Terminaux Hewlett-Packard

Deux types de terminaux à écran de visualisation Hewlett-Packard, à savoir le HP-2621P et le HP-2621A, sont utilisés au CCHST.

Le suffixe P désigne un terminal équipé d'une imprimante, le mécanisme d'impression étant monté sur le dessus du terminal. Le type HP-2621A n'a pas d'imprimante. Les deux terminaux ont un encombrement identique.

La mesure de la distribution du champ électrique de très basses fréquences autour de chaque terminal a révélé les différences ci-dessous.

HP-2621P

Les rayonnements mesurés en avant de l'écran étaient faibles; on a obtenu des lectures supérieures à zéro (c.-à-d. des intensités supérieures au niveau ambiant) jusqu'à 30 cm en avant de l'écran. La valeur maximale mesurée en avant de l'écran était de 65 V/m (obtenue au centre de l'écran, à un écart d'environ 1 cm), mais cette valeur représente probablement l'interférence entre la charge électrostatique de l'écran et la sonde, de sorte qu'elle ne peut être considérée comme lecture acceptable.

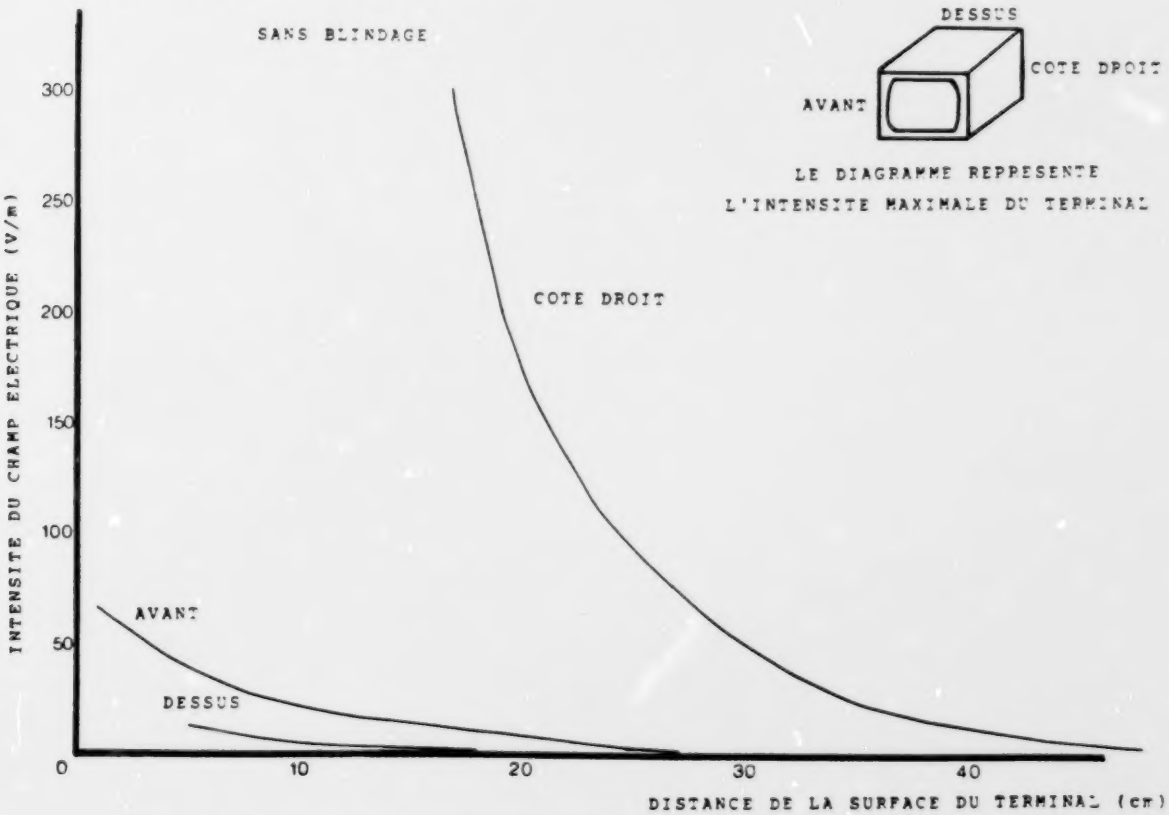
CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H

A 10 cm en avant de l'écran, la lecture maximale était de 22 V/m.

Nous avons constaté que le côté droit du modèle HP-2621P présentait un rayonnement assez prononcé. Jusqu'à 17 cm du côté droit (près de l'arrière) du terminal, on a enregistré des mesures supérieures à 300 V/m (limite supérieure du calibre du mesureur). Il s'agit là des niveaux les plus élevés de toute la zone de mesure. A 25 cm du côté droit du terminal, les lectures tombaient à 90 V/m.

Des lectures supérieures à zéro étaient relevées du côté droit, jusqu'à 20 cm au-dessus et au-dessous du terminal. Dans cette zone, les maxima étaient de 40 V/m (10 cm au-dessus du côté droit) et de 25 V/m (10 cm au-dessous du côté droit).

Les valeurs maximales de l'intensité du champ électrique à partir du dessus et du côté droit du terminal HP-2621P sont représentées à la figure 3.

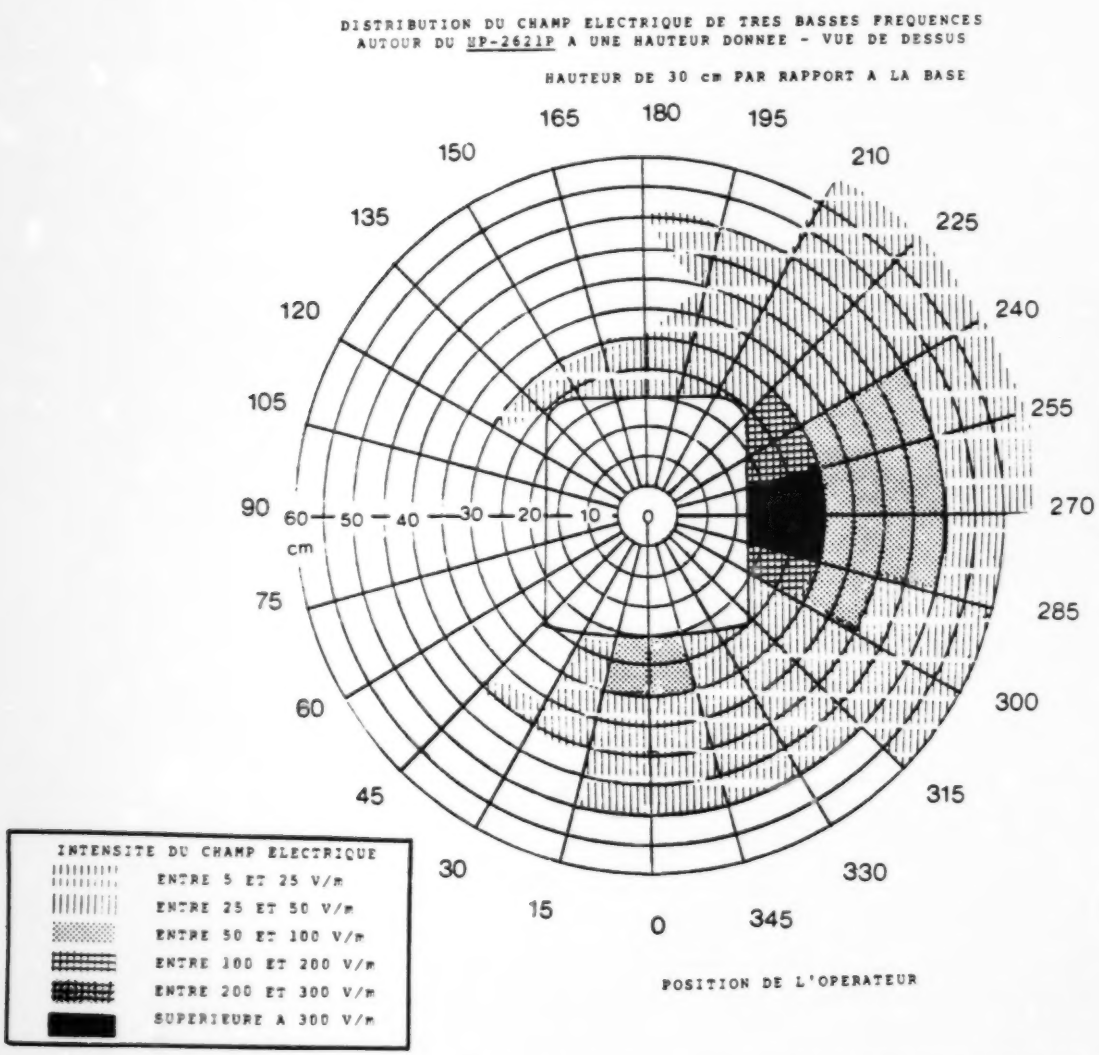


INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
EN FONCTION DE LA DISTANCE PAR RAPPORT
AU TEV HEWLETT-PACKARD HP-2621P

Fig. 3

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

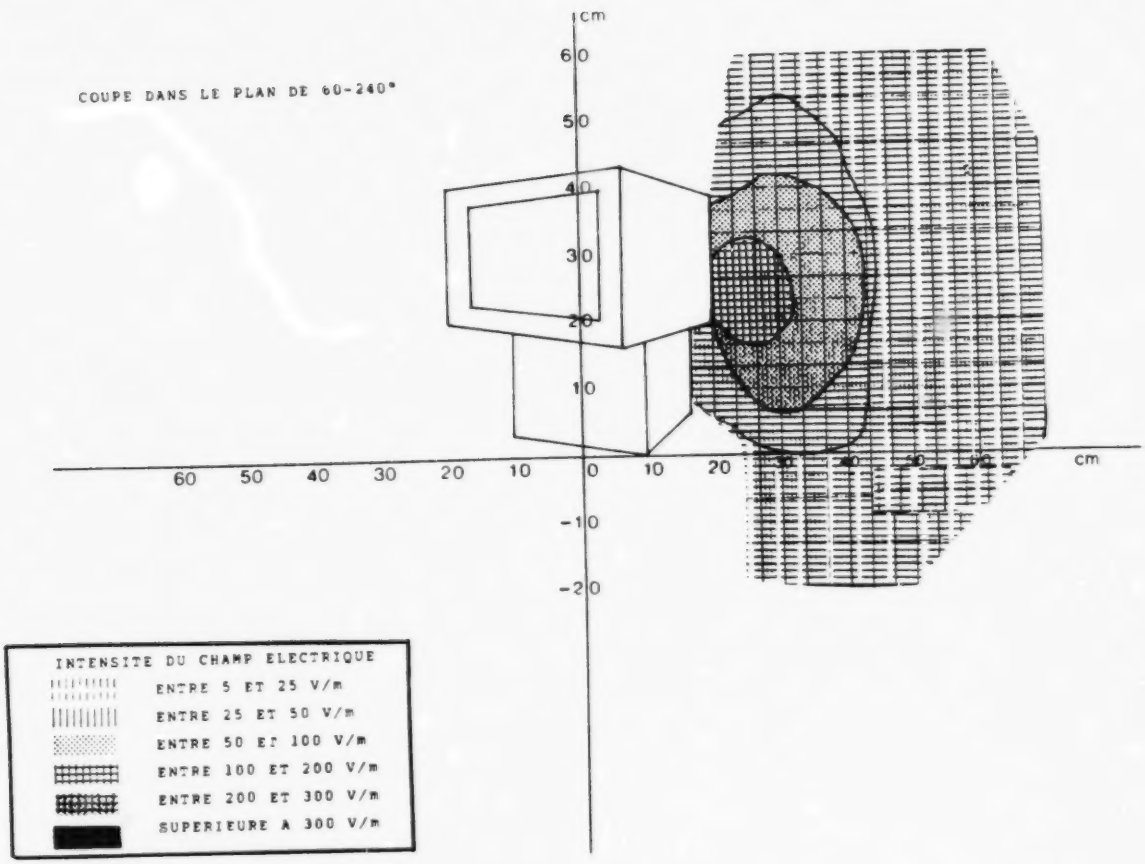
Des exemples de vues en coupe dans le plan horizontal et dans le plan vertical sont donnés aux figures 4 et 5. Des croquis détaillés de la distribution du champ de très basses fréquences autour du HP-2621P figurent à l'annexe A. La première série de croquis (A1 à A10) représente la distribution du champ des très basses fréquences dans le plan horizontal à des hauteurs allant de -20 à +70 cm. La seconde série (A11 à A17) représente la distribution dans le plan vertical autour du HP-2621P. Des tableaux contenant toutes les données utilisées pour produire les croquis figurent à l'annexe B (B1 à B11).



DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES AUTOUR DU HP-2621P A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

Fig. 4

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6



DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES AUTOUR DU TERMINAL A ECRAN DE VISUALISATION HP-2621P

Fig. 5

HP-2621A

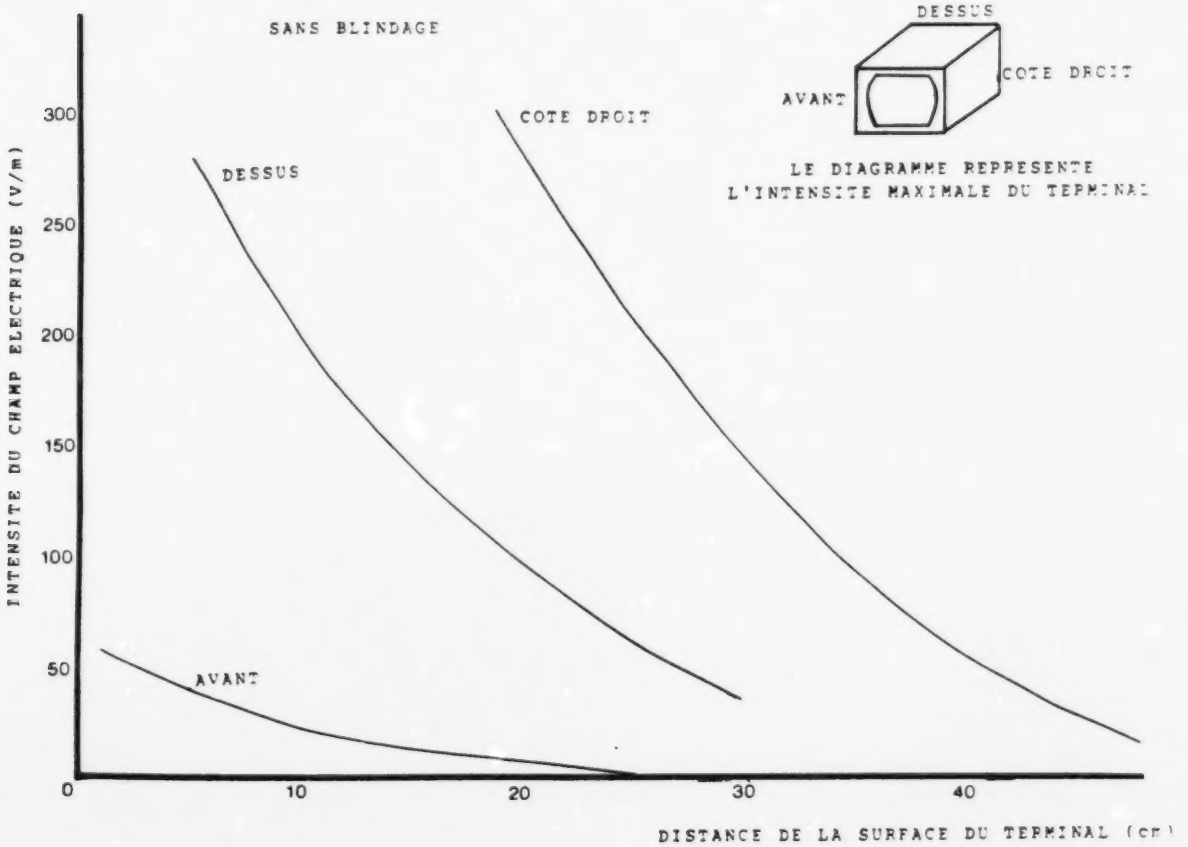
On a constaté que la zone en avant de l'écran du HP-2621A présentait à peu près le même rayonnement de très basses fréquences que le HP-2621P, sauf que le côté droit du HP-2621A donnait des lectures légèrement supérieures.

Les lectures maximales étaient supérieures à 300 V/m, valeur mesurée jusqu'à 20 cm du côté droit du terminal. Le rayonnement diminuait considérablement au-delà de 20 cm et était négligeable à 50 cm de la surface du terminal.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

On a également obtenu des lectures supérieures à celles du HP-2621P sur le dessus du HP-2621A. L'intensité la plus forte, mesurée sur le dessus du côté droit était de 290 V/m. L'intensité diminuait vers le côté gauche et vers le haut. Des lectures négligeables ont été relevées à 10 cm au-dessus de tout le côté gauche. Nous avons mesuré un maximum de 65 V/m à 10 cm au-dessous de la partie droite de la base. Au-dessous de ce point, l'intensité du champ diminuait. Au-dessous, à côté et en haut de la partie gauche du HP-2621A, on a relevé des lectures négligeables.

Les valeurs maximales d'intensité du champ électrique de très basses fréquences au-dessus, en avant et du côté droit du HP-2621A sont mises en graphique à la figure 6.

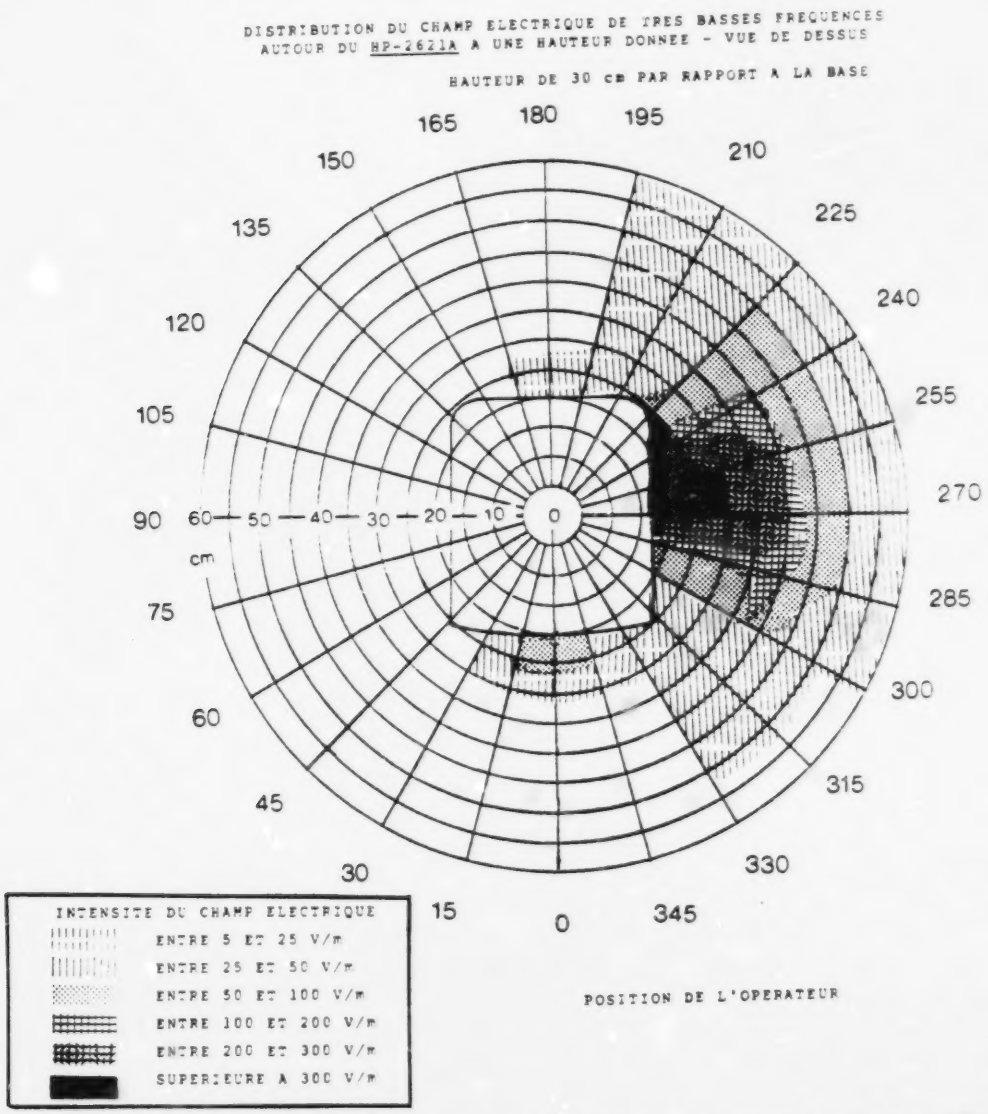


INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
EN FONCTION DE LA DISTANCE DU TERMINAL A ECRAN
DE VISUALISATION HEWLETT-PACKARD HP-2621A

Fig. 6

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H

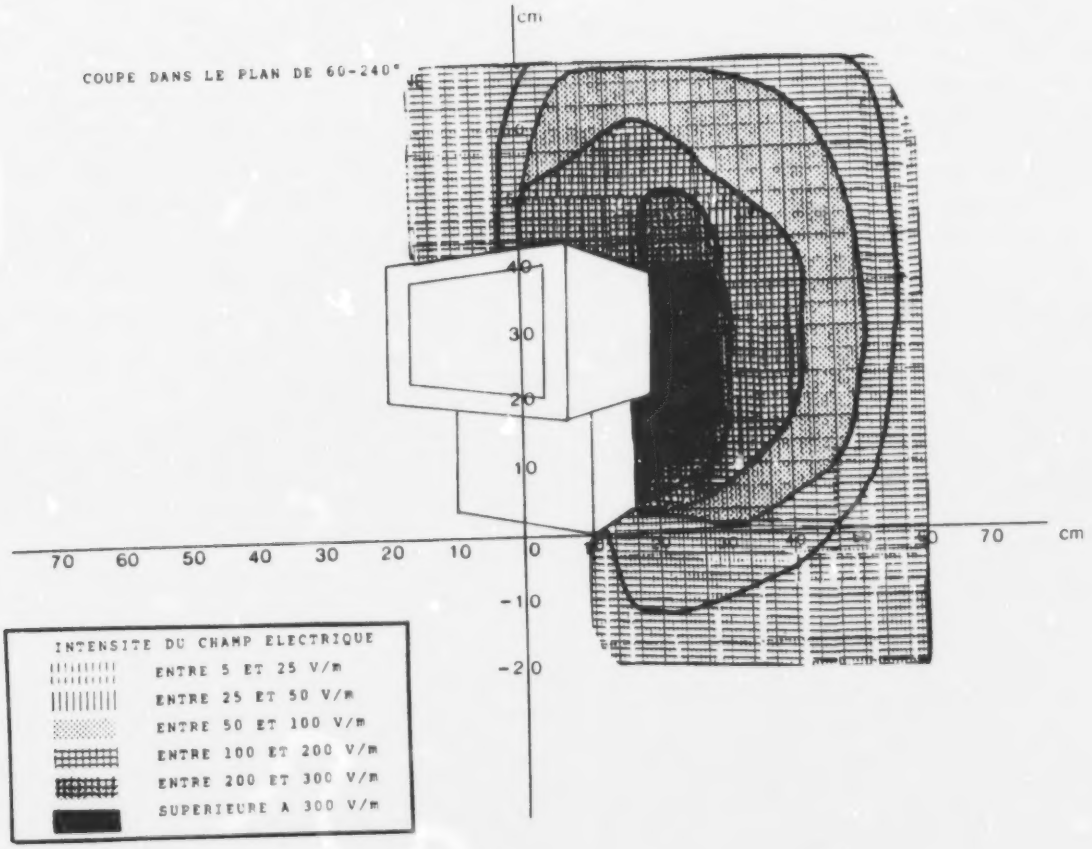
Des croquis pour le HP2621A, semblables à ceux correspondant au HP-2621P, figurent à l'annexe B. Des coupes dans le plan horizontal sont données aux pages B1 à B10. Des coupes dans le plan vertical figurent aux pages B11 à B17. Les figures 7 et 8 représentent des exemples de ces coupes (dans les plans vertical et horizontal). De plus, les tableaux de données qui ont servi de base aux croquis figurent aux pages D1 à D10.



DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES AUTOUR DU HP-2621A A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

Fig. 7

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6



DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES AUTOUR DU TERMINAL A ECRAN DE VISUALISATION HP-2621A

Fig. 8

Les deux terminaux HP-2621A et HP2621P présentent un rayonnement mesurable en avant de l'écran (mais négligeable à une distance de 30 cm de l'écran), notamment du côté droit. Un résumé des lectures maximales d'intensité du champ électrique de très basses fréquences autour des terminaux Hewlett-Packard est donné au tableau 1.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

INTENSITE MAXIMALE DU CHAMP ELECTRIQUE [illegible] TRES BASSE FREQUENCE DE DIVERS TERMINAUX A ECRAN DE VISUALISATION UTILISES AU CCHST

TABLEAU 1

Modèle: HP-2621P

Emplacement	N° de série	V/m 10 cm de l'écran	Près des côtés	Près du dessus	Près de l'arrière
Bureau 114	1932A03223	22	300+	15	30
Bureau 120	1942A10037	22	300+	15	30
Bureau 120	1912A03185	21	300+	15	30
Salle d'ordinateur	1912A01667	22	300+	15	30
Salle de formation	1932A03624	24	300+	15	30
Salle de formation	2152V17337	23	300+	15	30
Bureau 327	1912A03190	22	300+	15	30
Bureau 316	1942A09804	21	300+	15	30
Bureau 429	2023W00067	20	300+	15	30

Modèle: HP-2621A

Emplacement	N° de série	V/m 10 cm de l'écran	Près des côtés	Près du dessus	Près de l'arrière
Salle du courrier	2118V12565	22	300+	290	40
Salle d'ordinateur	2118V12560	21	300+	290	40
Bureau 431	2118V12566	22	300+	290	40
Bureau 431	2118V12567	21	300+	290	40

300+ = supérieure à 300 V/m

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

La zone à droite du HP-2621A qui présente des lectures supérieures à zéro est plus étendue que celle du HP-2621P. Dans le cas du HP-2621A, il y a aussi un rayonnement mesurable à la partie droite du dessus du terminal. Le tableau 2 permet de comparer le rayonnement de très basses fréquences de tous les types de terminaux à écran de visualisation utilisés au CCHST.

TABLEAU 2

INTENSITE MAXIMALE DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSE FREQUENCE DANS DIVERSES ZONES AUTOUR DE DIVERS TYPES DE TERMINAUX A ECRAN DE VISUALISATION (V/m)

		V/m TYPE		
ZONE	DISTANCE DU TERMINAL (cm)	WANG	HP-2621P	HP-2621A
Ecran	1	-	65	60
	10	-	22	22
	30	20V/m	0	0
Côtés	5	-	300+ (D)	300+ (D)
	20	10V/m(G)	180 (D)	300+ (D)
	35	0	25 (D)	100 (D)
Arrière	5	0	30	40
	15	0	0	0
Dessus	5	0	15	270
	25	0	0	60

\- = aucune donnée
G = côté gauche du terminal
D = côté droit du terminal
300+ = supérieure à 300 V/m

REMARQUE: Il est à noter qu'au Canada il n'existe pas de norme pour la dose admissible de rayonnement électromagnétique dans la gamme de fréquences inférieures à 300 kHz.

Certaines normes sur l'intensité maximale admissible de champs de basse et de très basses fréquences figurent au tableau 3. Cependant, le propos du présent rapport n'est pas de discuter les effets biologiques possibles des champs pulsés de très basses fréquences ni des limites d'exposition permissibles.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H

TABLEAU 3

Normes sur l'intensité maximale admissible de champs de basse et de très basses fréquences

Forces aériennes américaines	10kHz	-	10MHz	435V/m
ACGIH	10kHz	-	3MHz	600V/m**
Tchécoslovaquie	30kHz	-	30MHz	50V/m*
U.R.S.S.	60kHz	-	3MHz	50V/m*
Bulgarie	60kHz	-	3MHz	50V/m*
République démocratique d'Allemagne	60kHz	-	3MHz	50V/m*
Canada (Ontario)	300kHz	-	300GHz	60V/m***
ANSI	300kHz	-	3MHz	600V/m**

Remarques:

* Normes applicables à l'industrie. Souvent, les normes pour le grand public sont encore plus strictes (ex. en Tchécoslovaquie, la norme est de 15 V/m pour une période de 8 heures).

** A une distance de 5 cm de tout point de la surface du terminal.

*** Ligne directrice "pour fin de discussion seulement".

ANSI American Standards Institute (approuvée comme norme nationale américaine le 30 juillet 1982).

ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

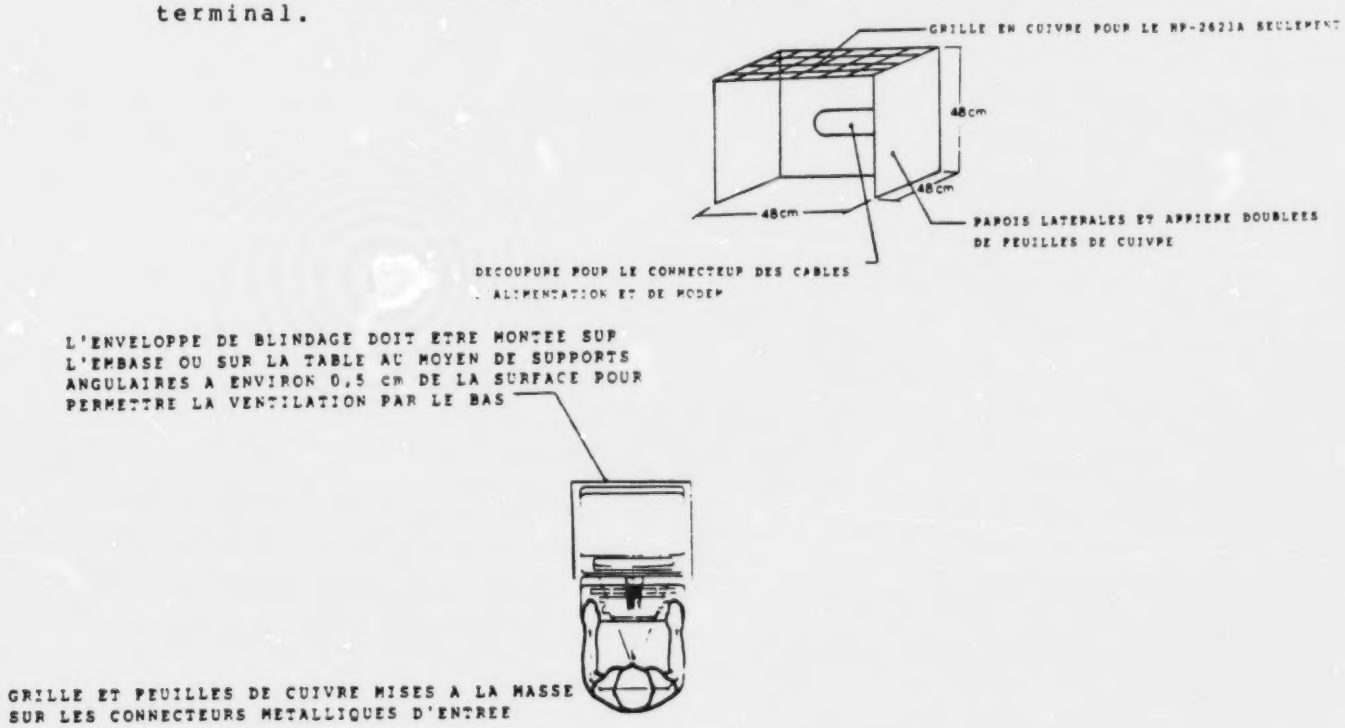
Extrait de:

Marha, K. L'état des connaissances sur le rayonnement émis par les terminaux à écran de visualisation. Les numéros de référence du CCHST sont A82-4E et A82-4F pour les versions anglaises et françaises, respectivement. (Présenté à "Objectif science" Ottawa, Ontario, le 6 octobre 1982). Hamilton, Ont. : CCHST, 1982.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

BLINDAGE

La meilleure solution aurait consisté à blinder le transformateur de sortie horizontale, dans toutes les directions. Cependant, notre but n'était pas d'apporter des modifications à la conception même de l'appareil. Nous avons donc eu recours à un blindage externe. Une méthode pratique pour isoler le rayonnement électrique de très basses fréquences a été élaborée et mise à l'essai. La figure 9 représente l'enveloppe de blindage utilisée pour les terminaux Hewlett-Packard. Dans notre expérience, les parois de l'enveloppe de blindage (en contre-plaqué) ont été doublées de feuilles de cuivre*, et un fil de masse à été soudé à ces feuilles. Ce fil de masse peut être connecté à une vis métallique du connecteur de câble de modem (fig. 10) puisque ce câble est blindé et que ce blindage est connecté à la masse du terminal.

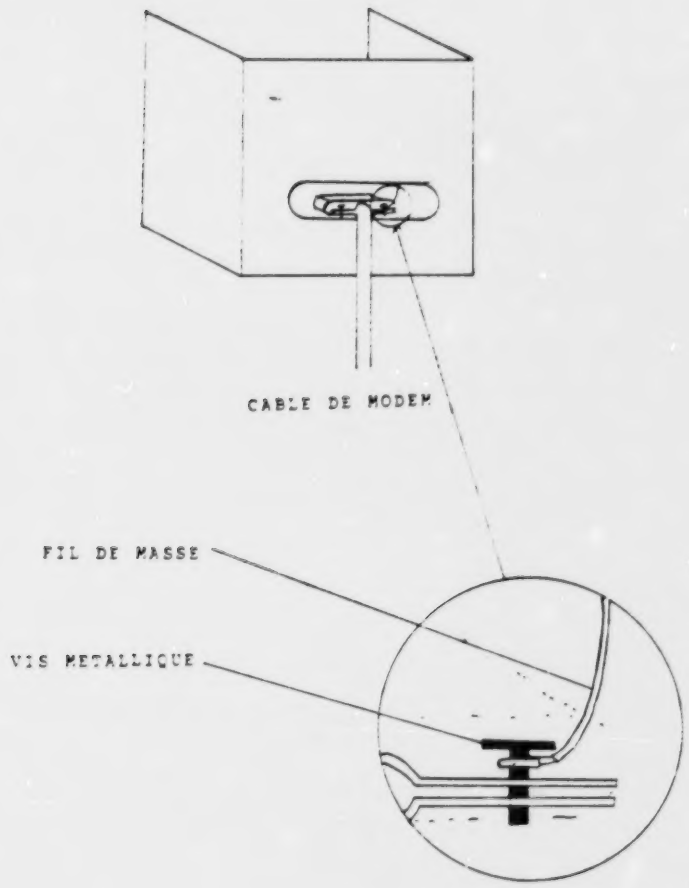


ENVELOPPE DE BLINDAGE PROPOSEE POUR LES TERMINAUX A ECRAN DE VISUALISATION HEWLETT-PACKARD

Fig. 9

REMARQUE: Le cuivre en feuilles peut être fourni par Paisley Products Canada, Inc., 40 Upton Road, Scarborough (Ontario) M1L 2B8. Il est à noter que tout matériau conducteur (comme l'aluminium en feuilles) pourrait servir de blindage.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6



CONNEXION DU FIL DE MASSE DE LA GRILLE ET DES FEUILLES DE CUIVRE A UNE VIS METALLIQUE DU CONNECTEUR DE CABLE DE MODEM

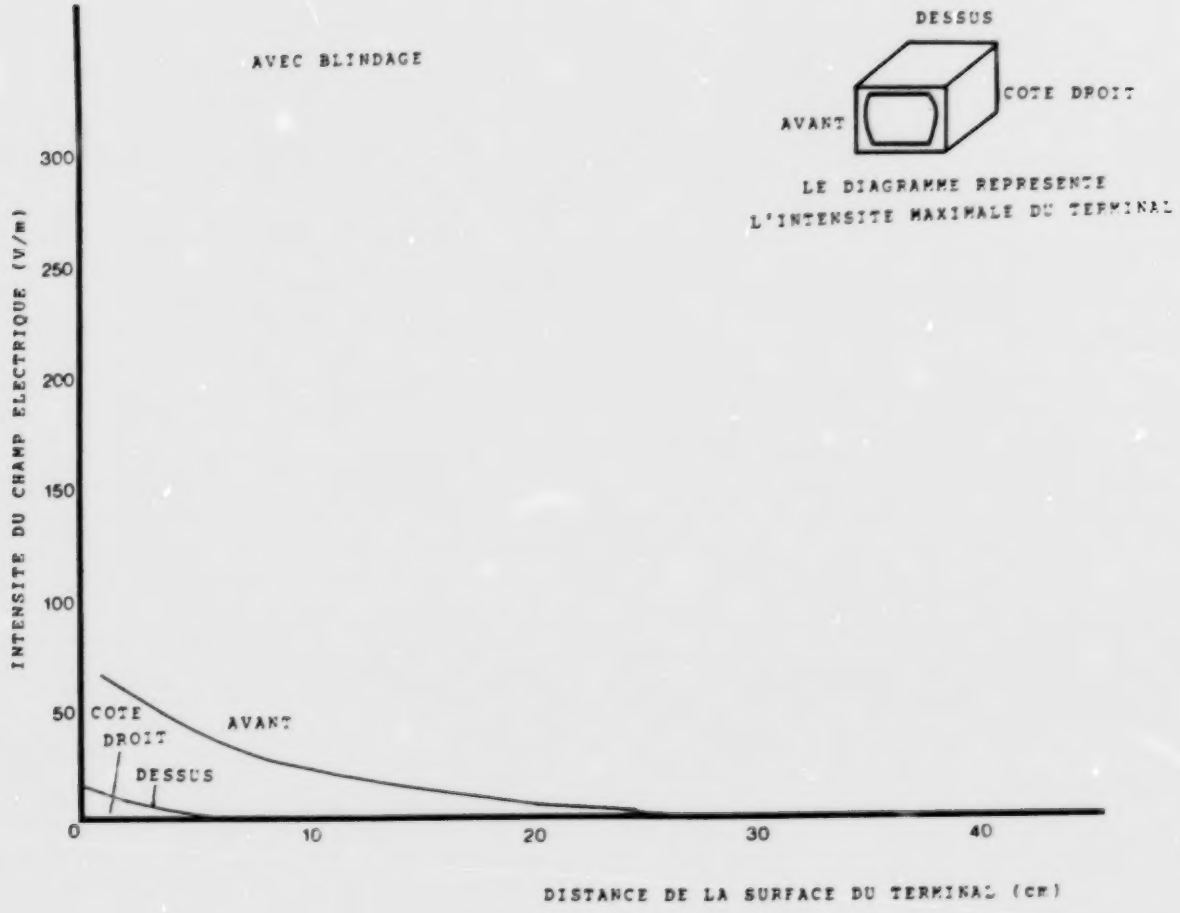
Fig. 10

Sur le terminal HP-2621A, on a utilisé une grille de cuivre* pour blinder le dessus du terminal. On a choisi une grille plutôt qu'une feuille pour assurer une bonne ventilation (le ventilateur étant situé en haut du terminal). Il est peu pratique de blinder le dessus du HP-2621P à cause de la présence de l'imprimante, mais heureusement ce n'est pas nécessaire car l'imprimante assure le blindage. Une reproduction des photos du blindage utilisé dans notre expérience figure à l'annexe C.

REMARQUE: La grille de cuivre peut être fournie par Greening Donald Co, Ltd., Case postale 430, Hamilton (Ontario) L8N 3J3.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

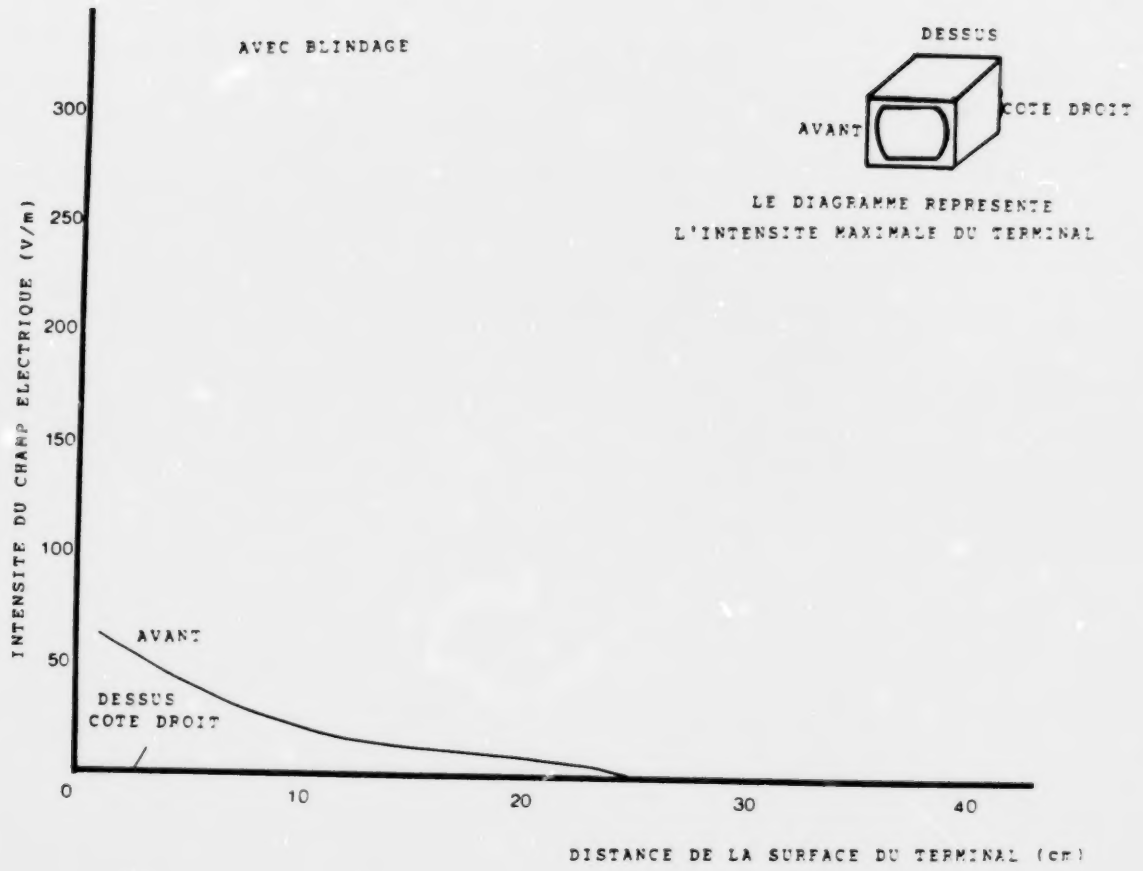
L'effet de ce blindage sur le champ électrique de très basses fréquences autour des terminaux à écran de visualisation est illustré aux figures 11 et 12. On peut constater que, grâce au blindage, le rayonnement de très basses fréquences du côté droit est réduit à zéro, alors que le rayonnement en avant de l'écran n'a pas changé.



EFFET DU BLINDAGE SUR L'INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE
DE TRES BASSES FREQUENCES EN FONCTION DE LA DISTANCE DU TERMINAL
A ECRAN DE VISUALISATION HEWLETT-PACKARD HP-2621P
(COMPARER AVEC LA FIGURE 3)

Fig. 11

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H



EFFET DU BLINDAGE SUR L'INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES EN FONCTION DE LA DISTANCE DU TERMINAL A ECRAN DE VISUALISATION HEWLETT-PACKARD HP-2621A
(COMPARER AVEC LA FIGURE 6)

Fig. 12

Il est à noter que même sans fil de masse, l'intensité du champ est réduite à moins de 10 V/m (du côté droit).

Différents matériaux ont été essayés comme moyen de blindage (voir la remarque de la page 14) et comme il a été fréquemment question du port de tabliers au plomb par les opérateurs de terminal à écran de visualisation, nous les avons inclus dans nos essais.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

On a constaté que le tablier au plomb n'avait aucun effet mesurable sur le rayonnement électrique de très basses fréquences provenant du transformateur à sortie horizontale des terminaux Hewlett-Packard. Les tabliers au plomb n'assuraient ni l'absorption ni la réflexion du rayonnement électrique de très basses fréquences. Les tabliers au plomb, utilisés dans les bureaux de médecin, servent à protéger uniquement contre les rayons X, le plomb étant un très bon matériau de protection contre ces rayons. Cependant, le tablier au plomb n'offre aucune protection contre le rayonnement électrique de très basses fréquences, étant donné que le plomb y est utilisé sous forme de composé plutôt que sous forme de métal.

RESUME ET CONCLUSIONS

A. Tous les terminaux ayant fait l'objet de mesures présentent un rayonnement électrique de très basses fréquences extrêmement faible, quels que soient le type, le modèle ou l'année de fabrication. Les terminaux utilisés par le CCHST ont déjà été blindés à l'intérieur par le fabricant. Nous ignorons la raison de ce blindage.

B. Le champ électrique de très basses fréquences en avant de l'écran des terminaux Hewlett-Packard est si faible que la dose absorbée par l'opérateur s'approche de zéro et ne nécessite pas de mesures de sécurité. On a mesuré des valeurs considérables d'intensité du champ électrique de très basses fréquences nettement supérieures au milieu ambiant du côté droit des terminaux, où se trouve le transformateur de ligne. Les différences mesurées entre la distribution du rayonnement électrique de très basses fréquences du HP-2621P et celle du HP-2621A résultent probablement du blindage assuré par l'imprimante du HP-2621P.

C. Une enveloppe de blindage expérimentale a été essayée sur les terminaux à écran de visualisation Hewlett-Packard, et on a constaté que son utilisation réduisait considérablement le rayonnement électrique de très basses fréquences autour des terminaux. Il est important de noter, cependant, que l'avant du terminal n'est pas protégé par le blindage.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

REMERCIEMENTS

Nous remercions Joyce Turner, Bev Strugnell, Gary Spencer et Reinhard Hass du CCHST de l'aide technique qu'ils nous ont fournie.

Nous remercions le Dr S M Harvey, Engineer/Physicist, Electrical Research Department, Ontario Hydro, Mr Brian G Phillips, Program Manager, Industrial Special Applications, Radiation Health Branch, Alberta Workers' Health, Safety and Compensation and Mr Richard A Tell, Chief, Non-ionizing Radiation Branch, U.S. Environmental Protection Agency, dont les suggestions et recommandations ont été une aide précieuse pour la rédaction de l'ébauche de ce document.

De plus, nous tenons à remercier M. John L. Sullivan, professeur de génie environnemental, Faculty of Engineering Science, Occupational Health and Safety Resource Centre à l'University of Western Ontario, London, pour nous avoir prêté le matériel de mesure.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

ANNEXES

Vue en coupe du rayonnement électrique de très basses fréquences	
Plan horizontal - HP2621P	A1 à A10
Plan vertical - HP2621P	A11 à A17
Vue en coupe du rayonnement électrique de très basses fréquences	
Plan horizontal - HP2621A	B1 à B10
Plan vertical - HP2621A	B11 à B17
Photos de l'enveloppe de blindage expérimentale	C

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

VUE EN COUPE DU RAYONNEMENT ELECTRIQUE
DE TRES BASSES FREQUENCES

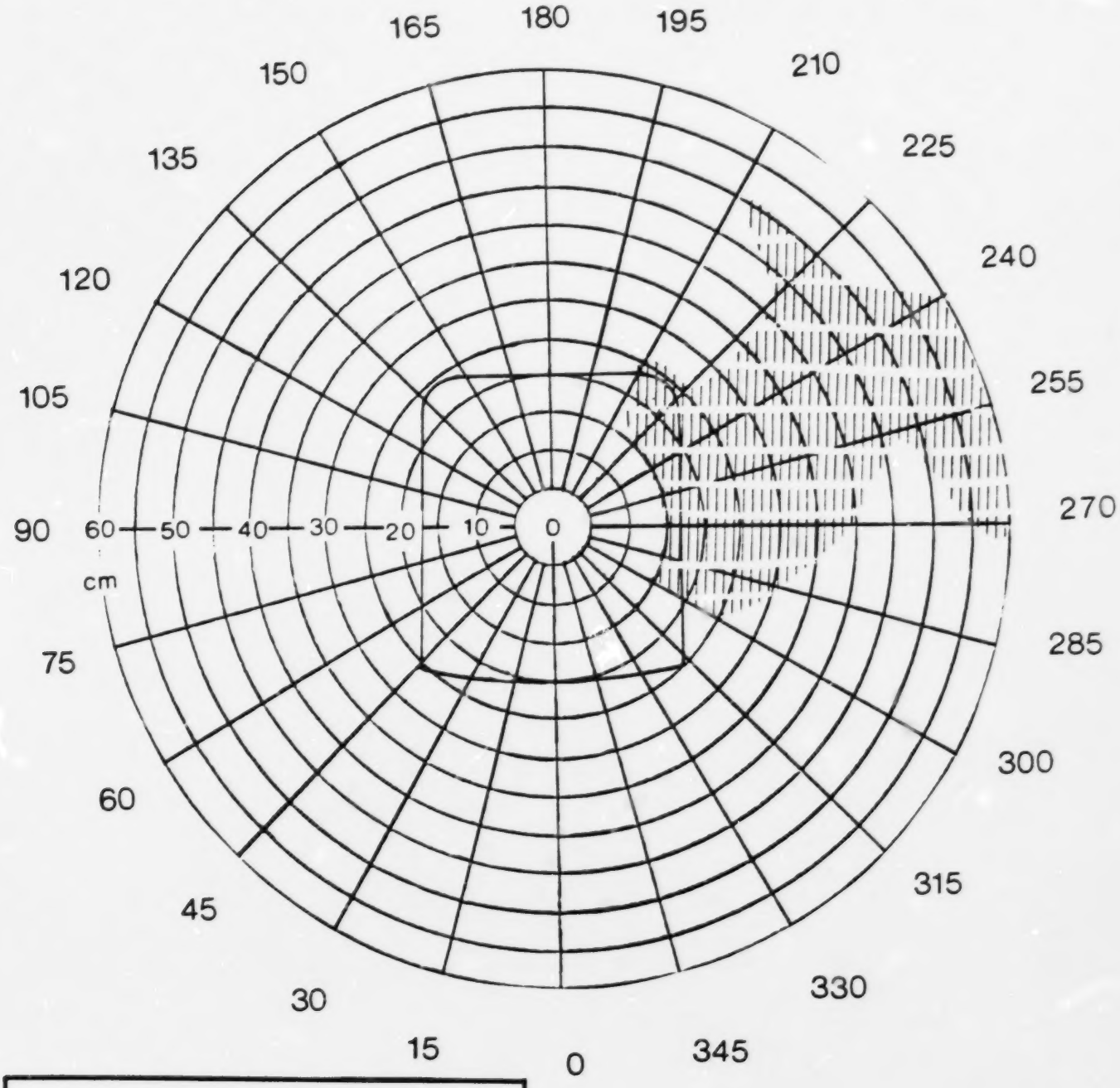
PLAN HORIZONTAL - HP2621P

A1 à A10

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621P A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE -20 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

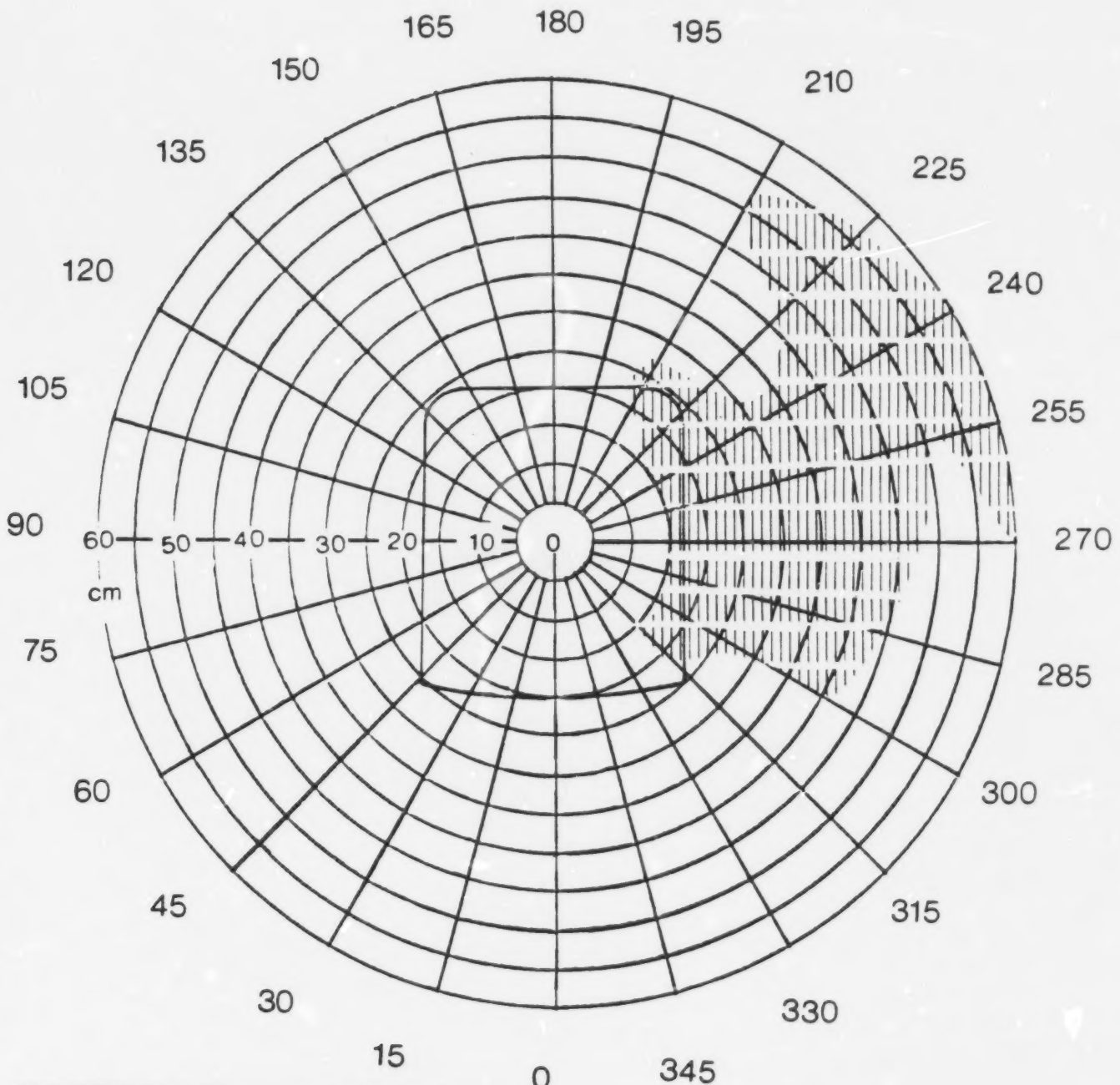
POSITION DE L'OPERATEUR

A1

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621P A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE -10 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

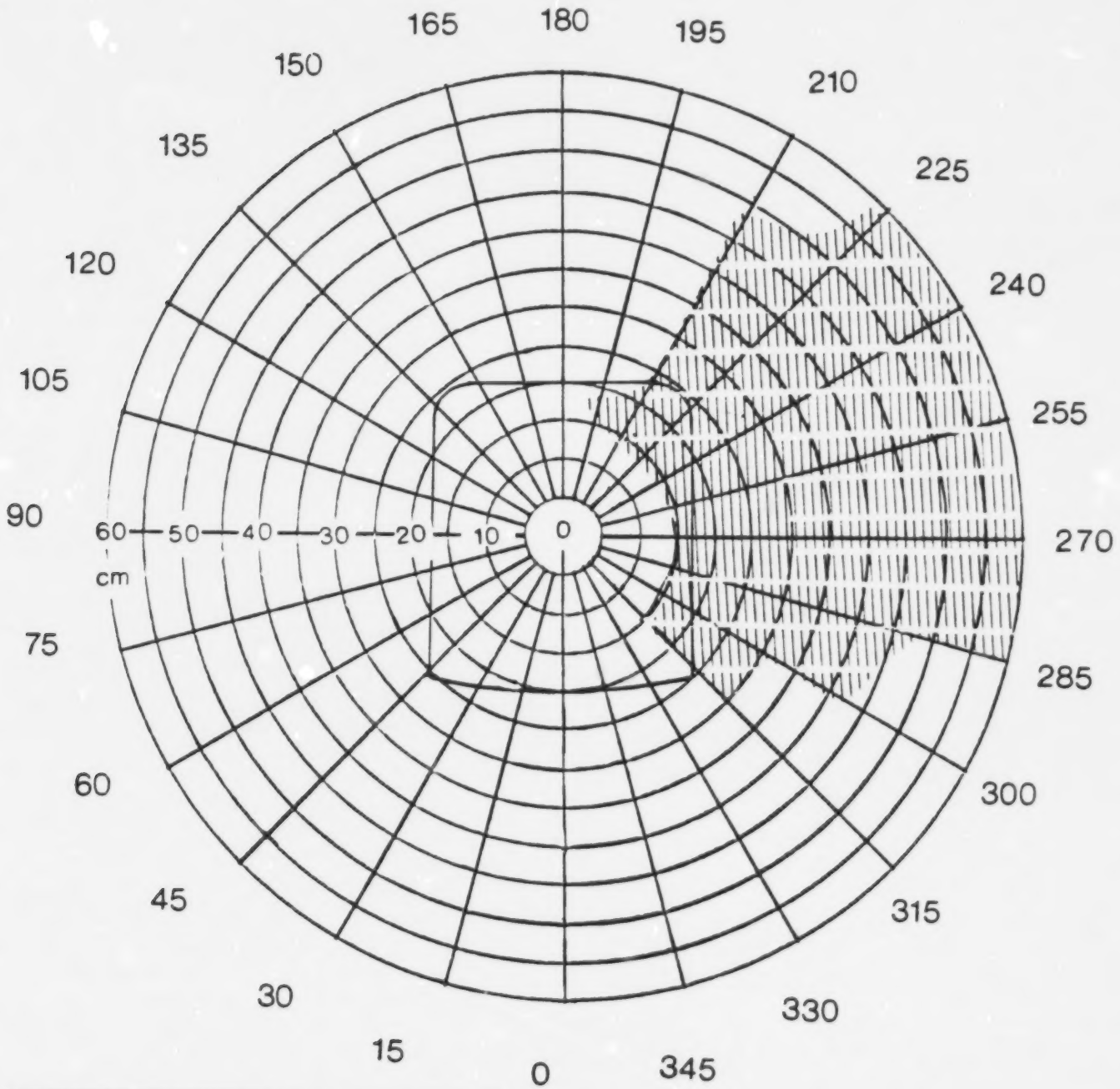
POSITION DE L'OPERATEUR

A2

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621P A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 0 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

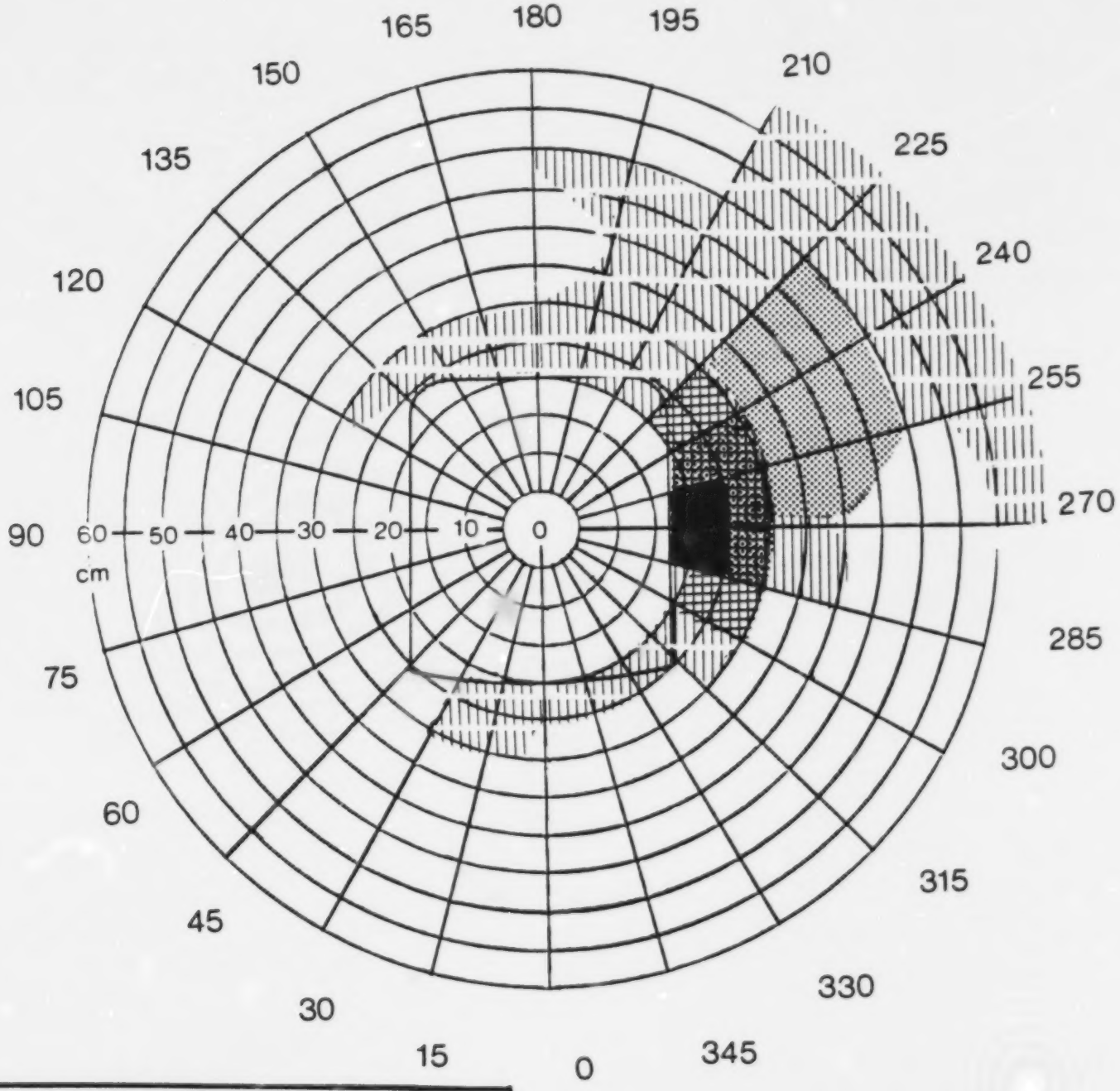
- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRIS BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621P A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 10 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

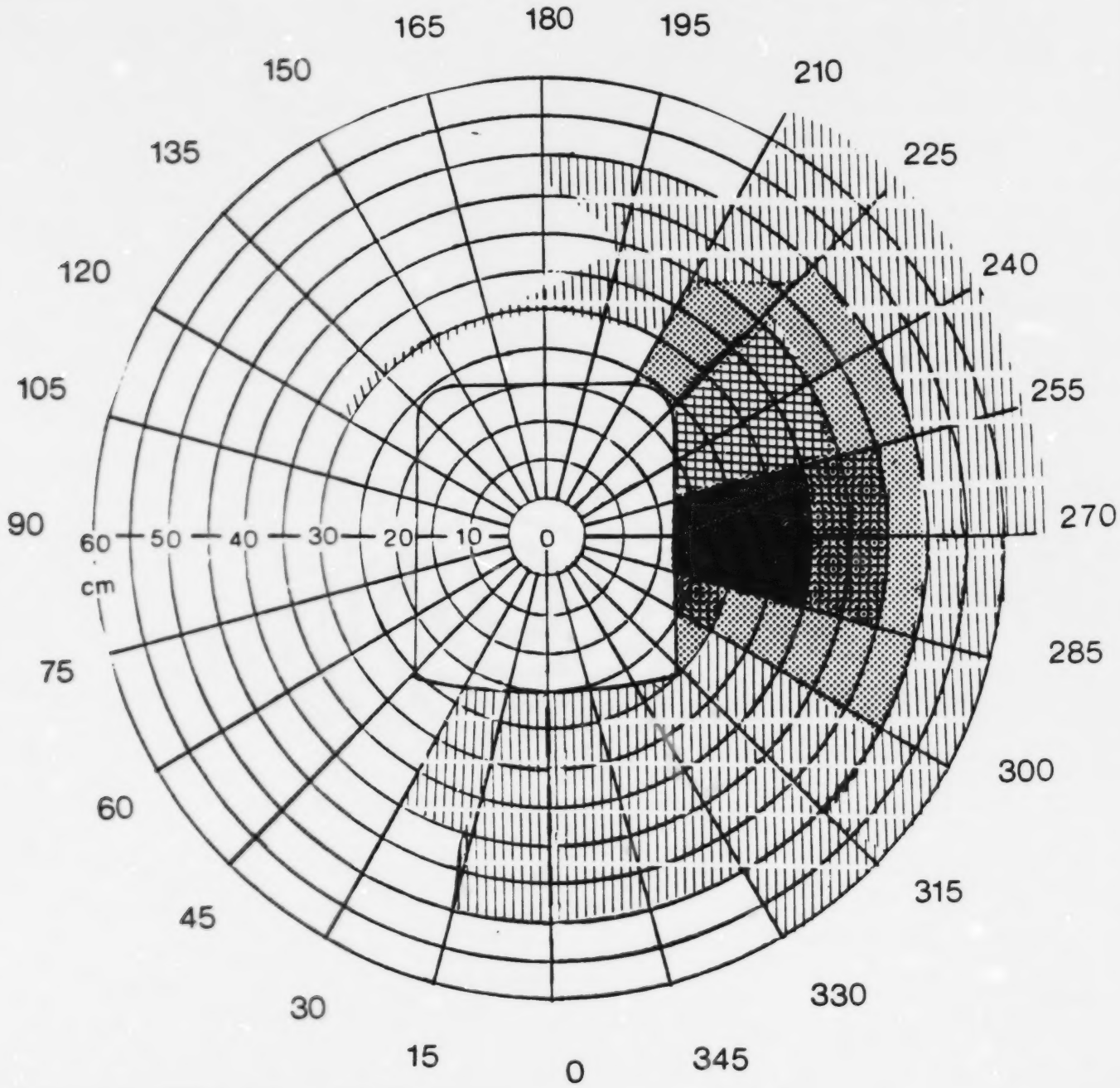
- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621P A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 20 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

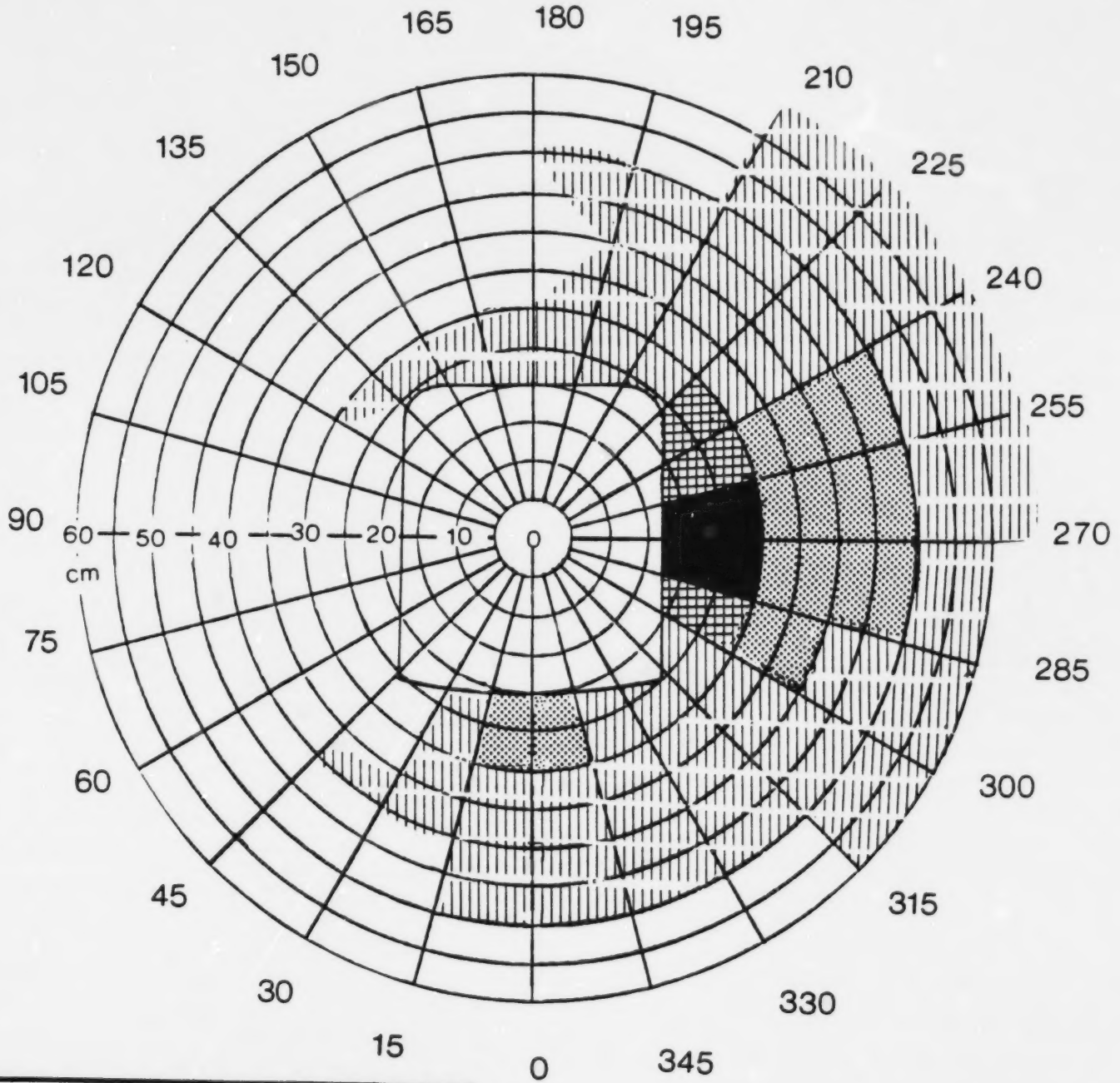
- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621P A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 30 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

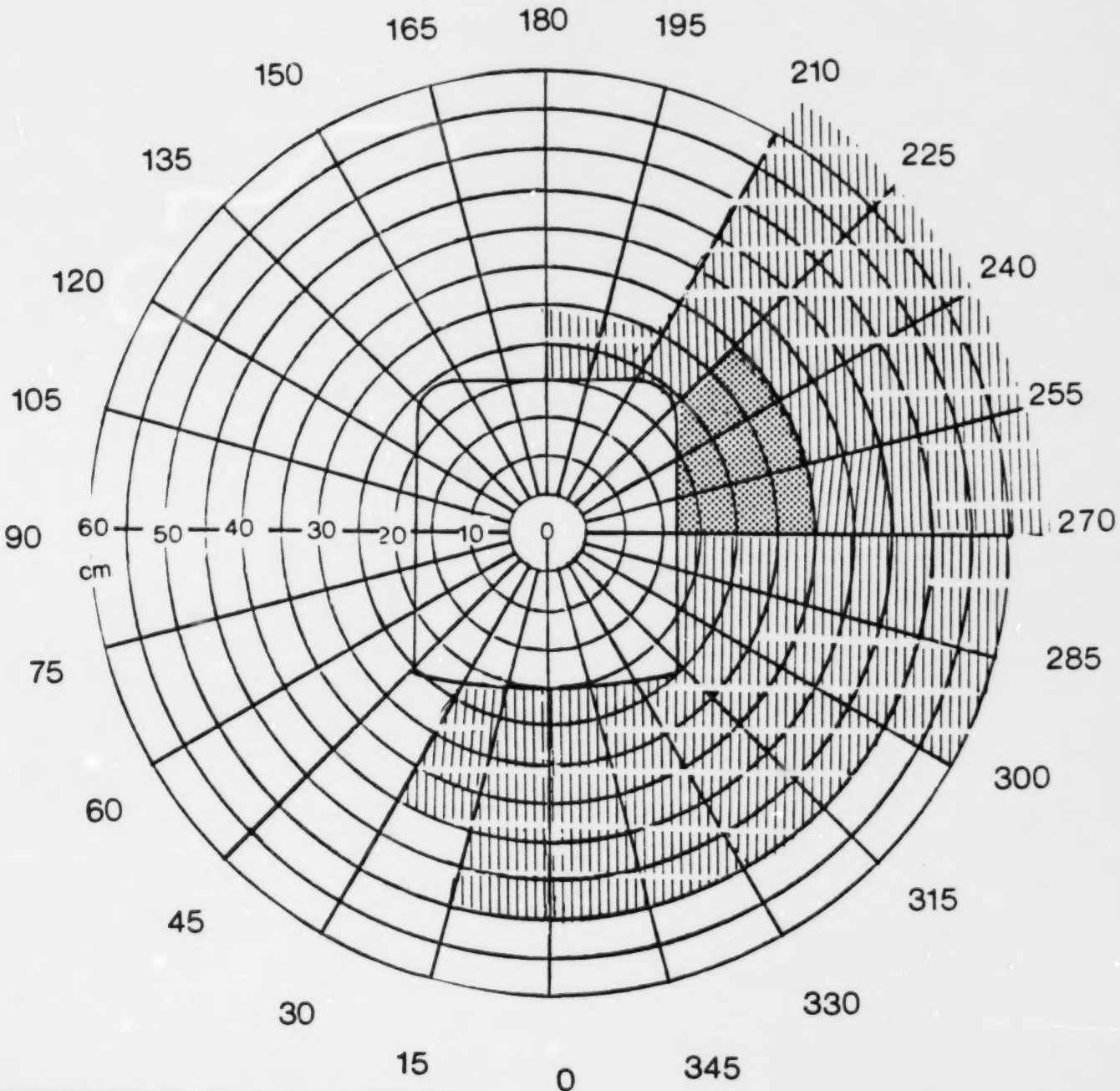
- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621P A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 40 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

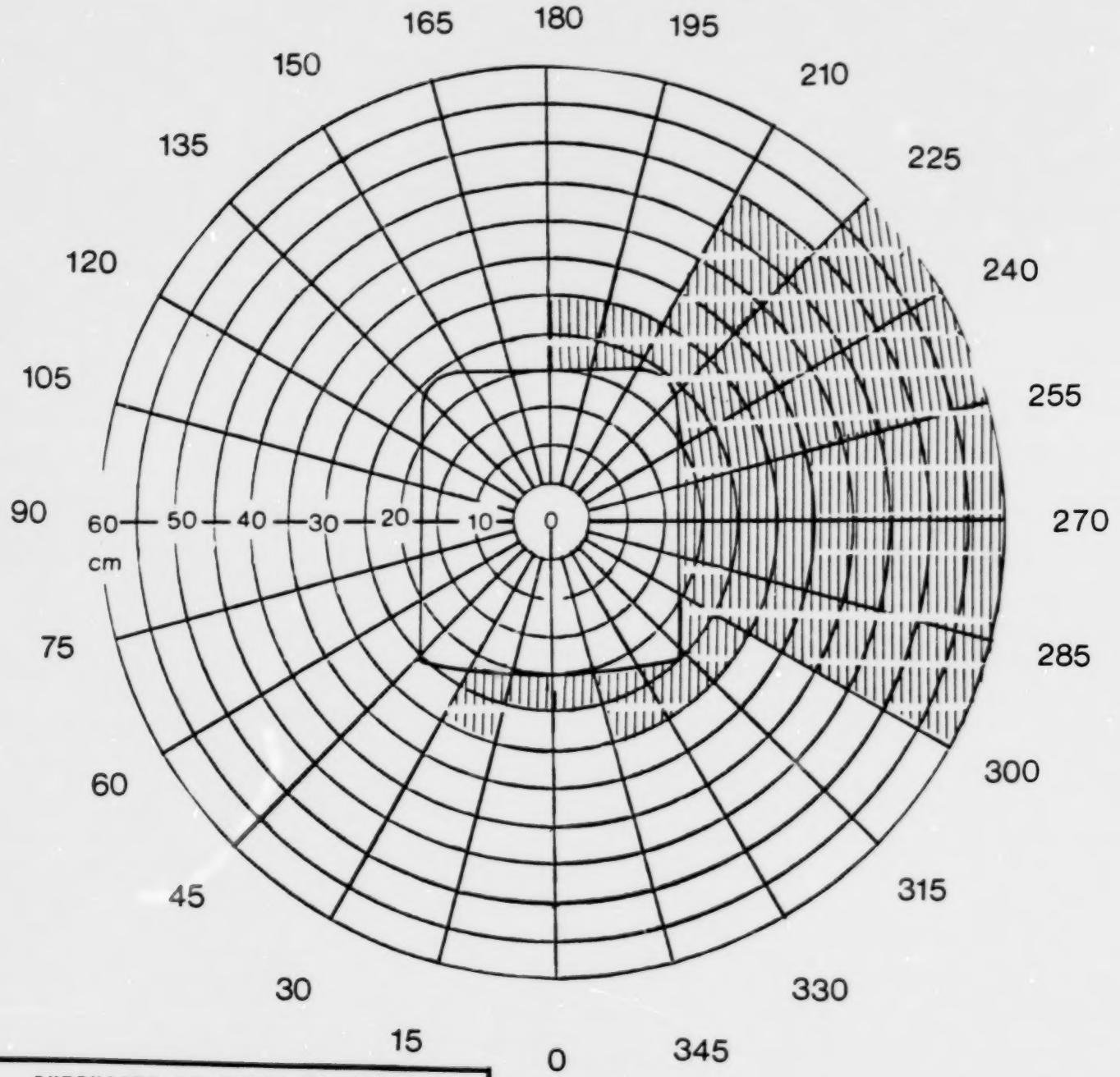
- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621P A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 50 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

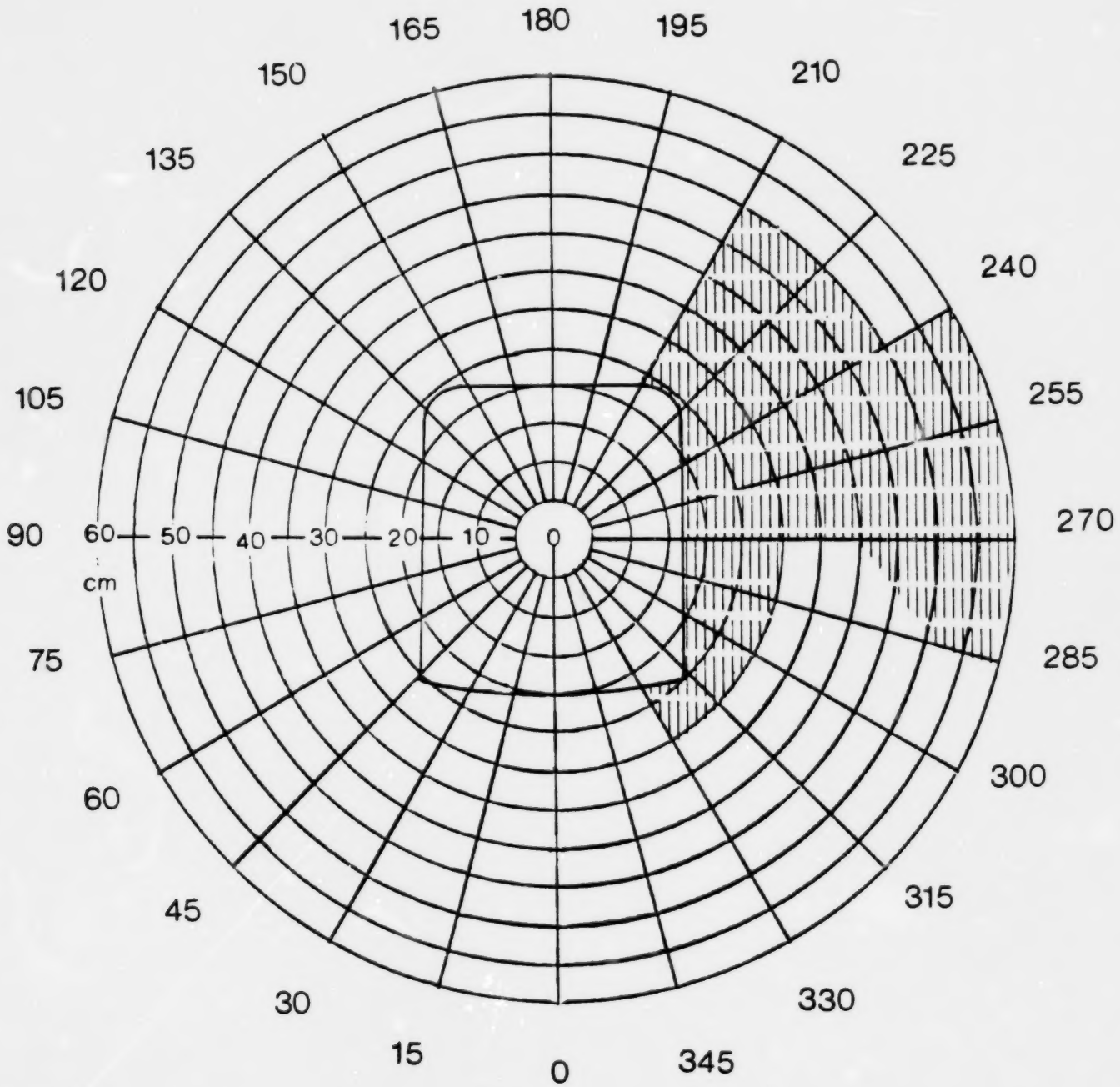
- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621P A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 60 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

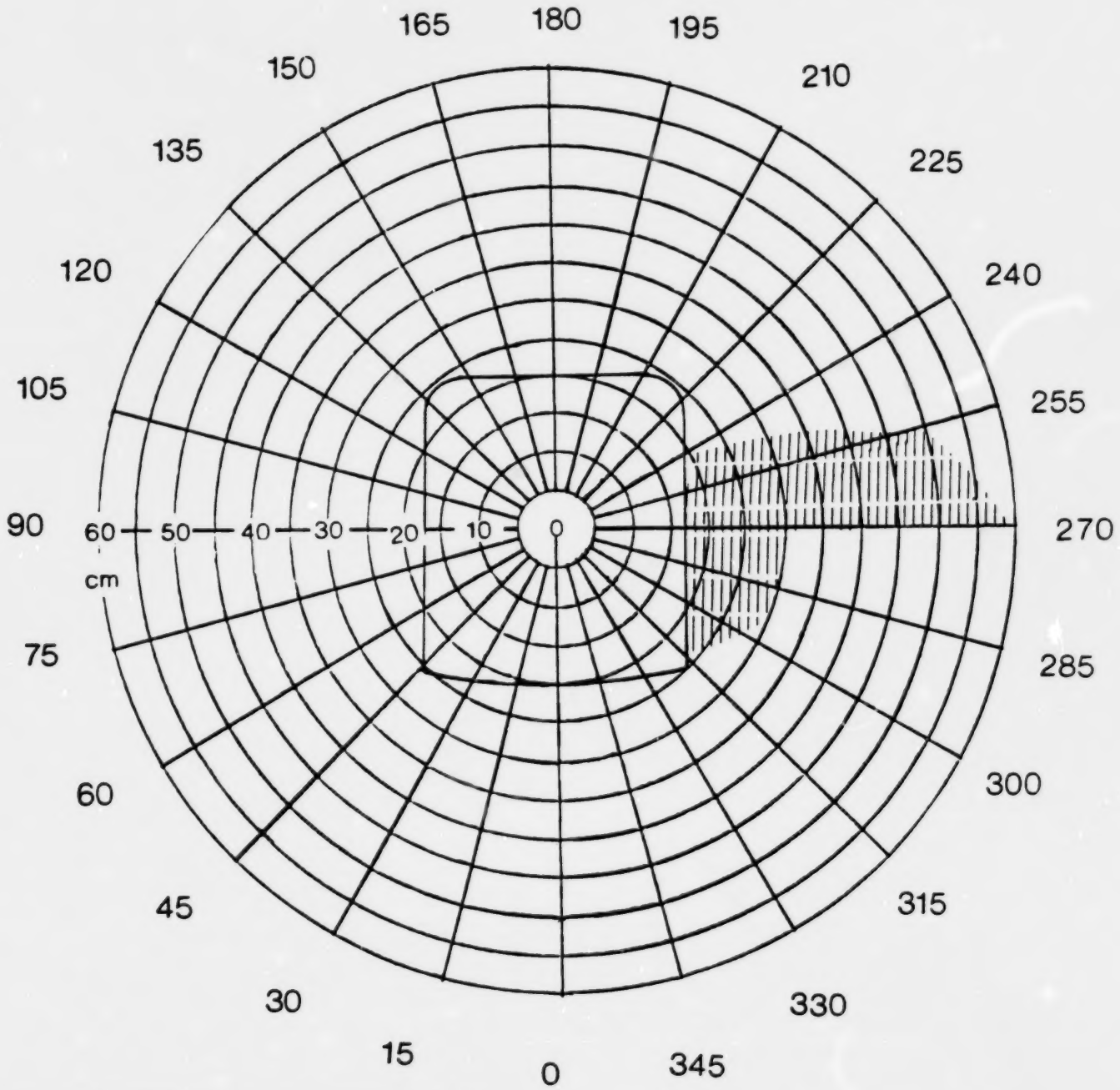
- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621P A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 70 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

A10

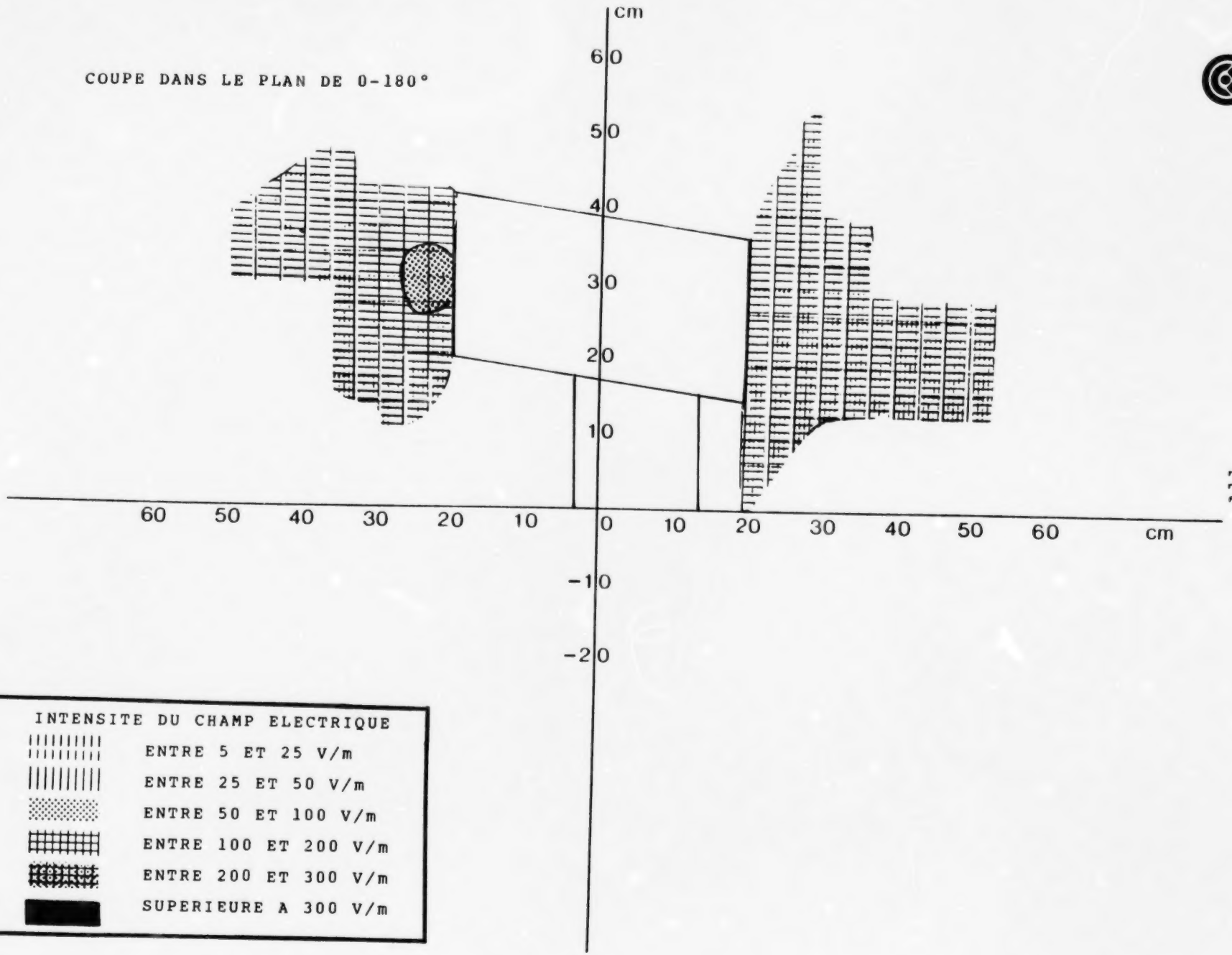
CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

VUE EN COUPE DU RAYONNEMENT ELECTRIQUE
DE TRES BASSES FREQUENCES

PLAN VERTICAL - HP2621P

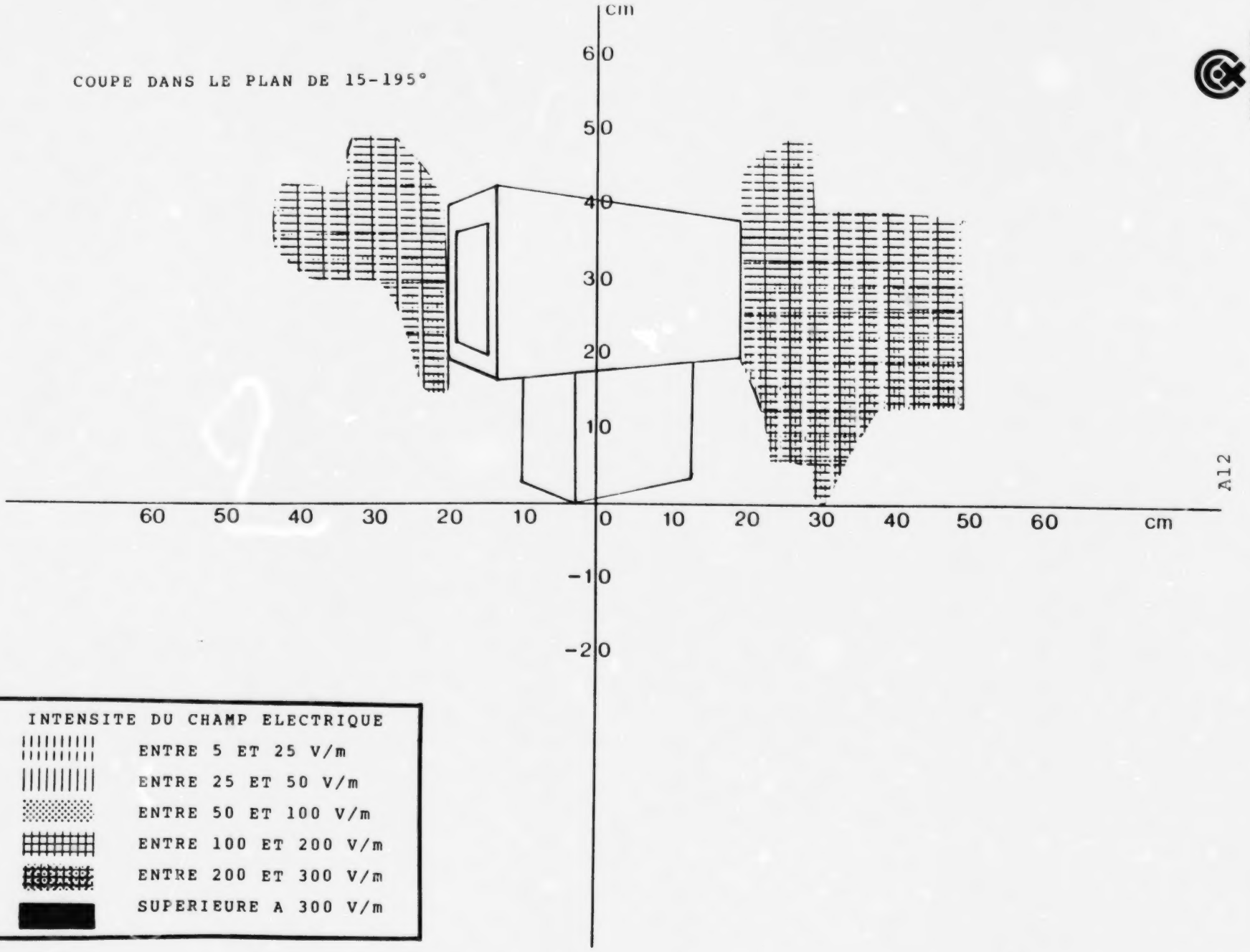
A11 à A17

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H



CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

COUPE DANS LE PLAN DE 15-195°



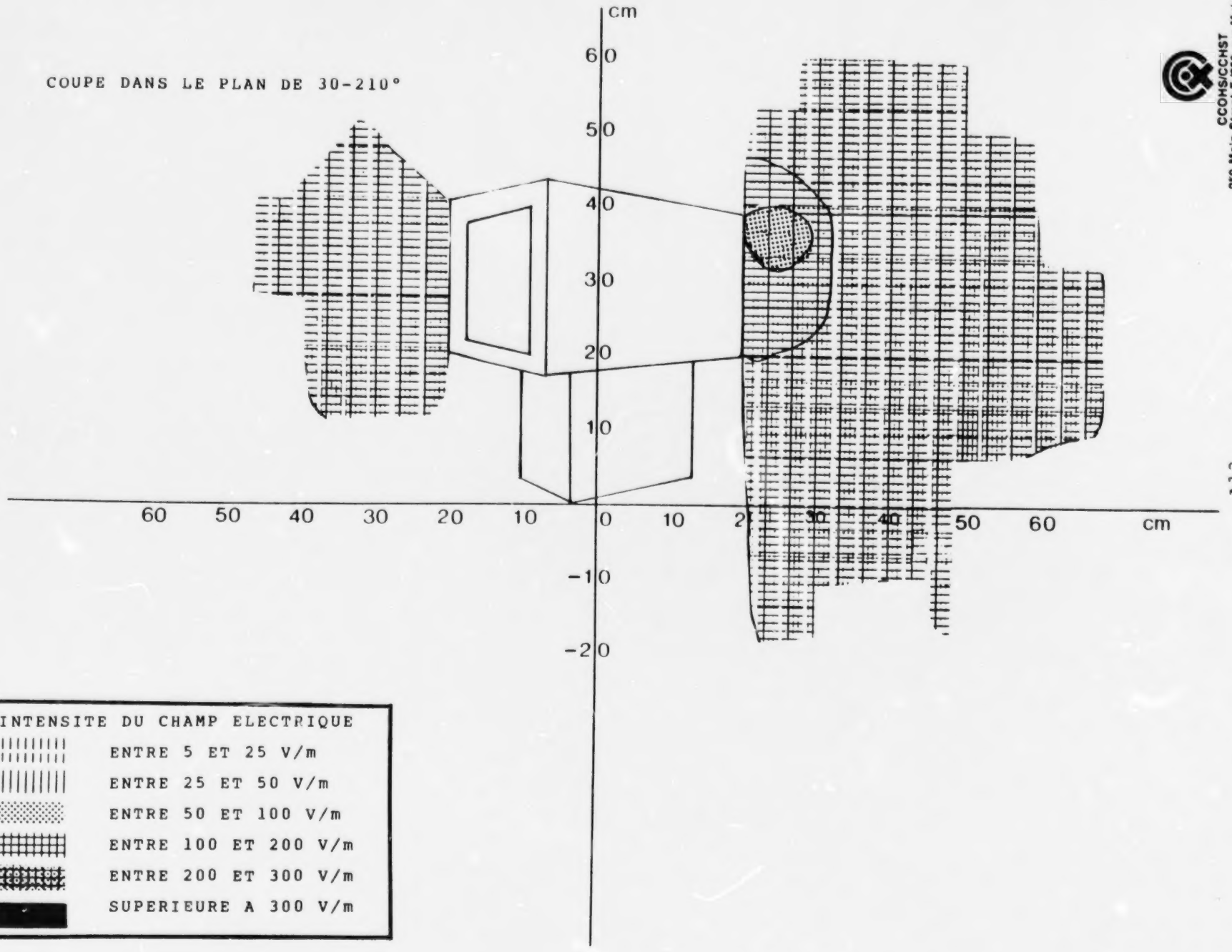
INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

A12

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

COUPE DANS LE PLAN DE 30-210°



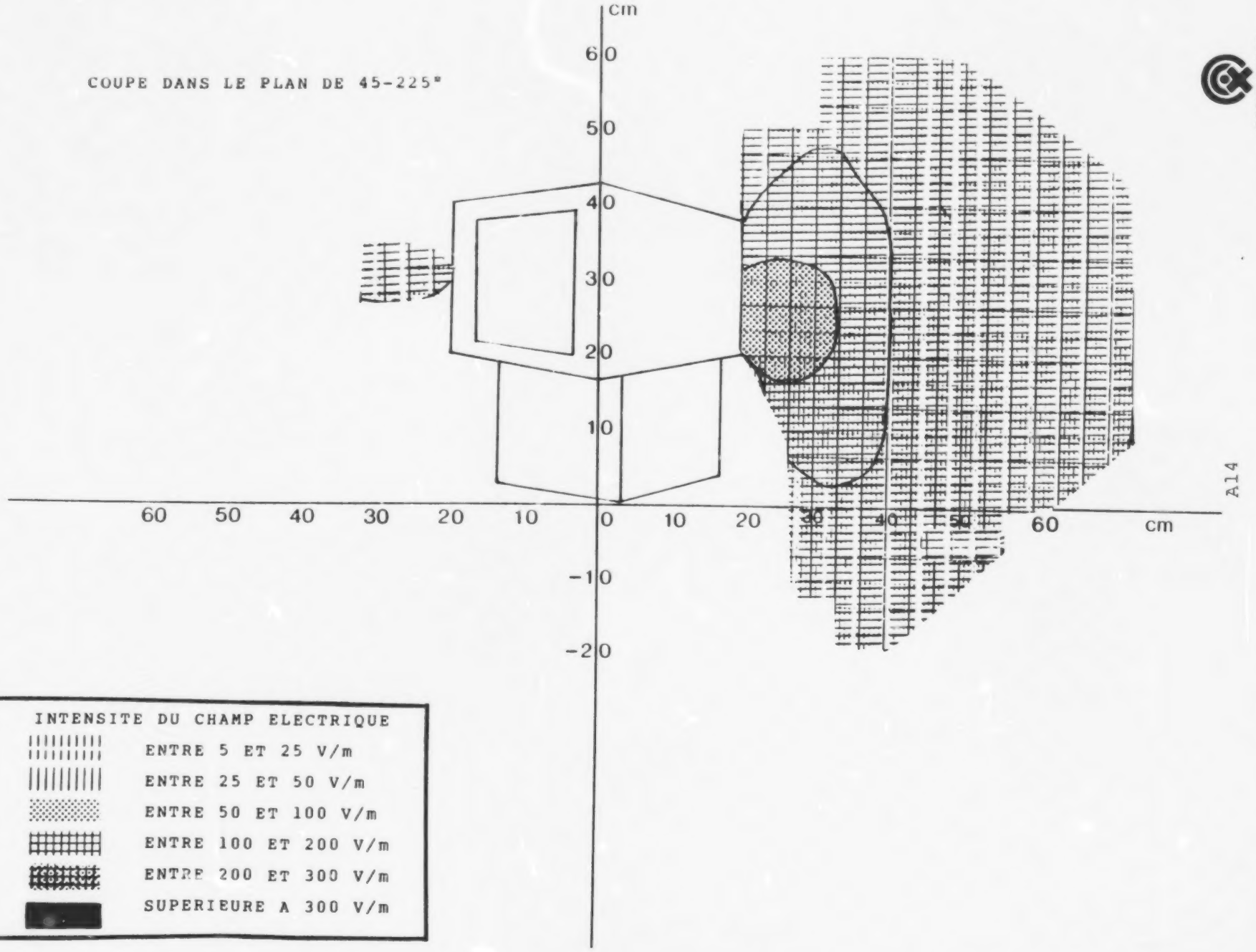
INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

A13

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

COUPE DANS LE PLAN DE 45-225°



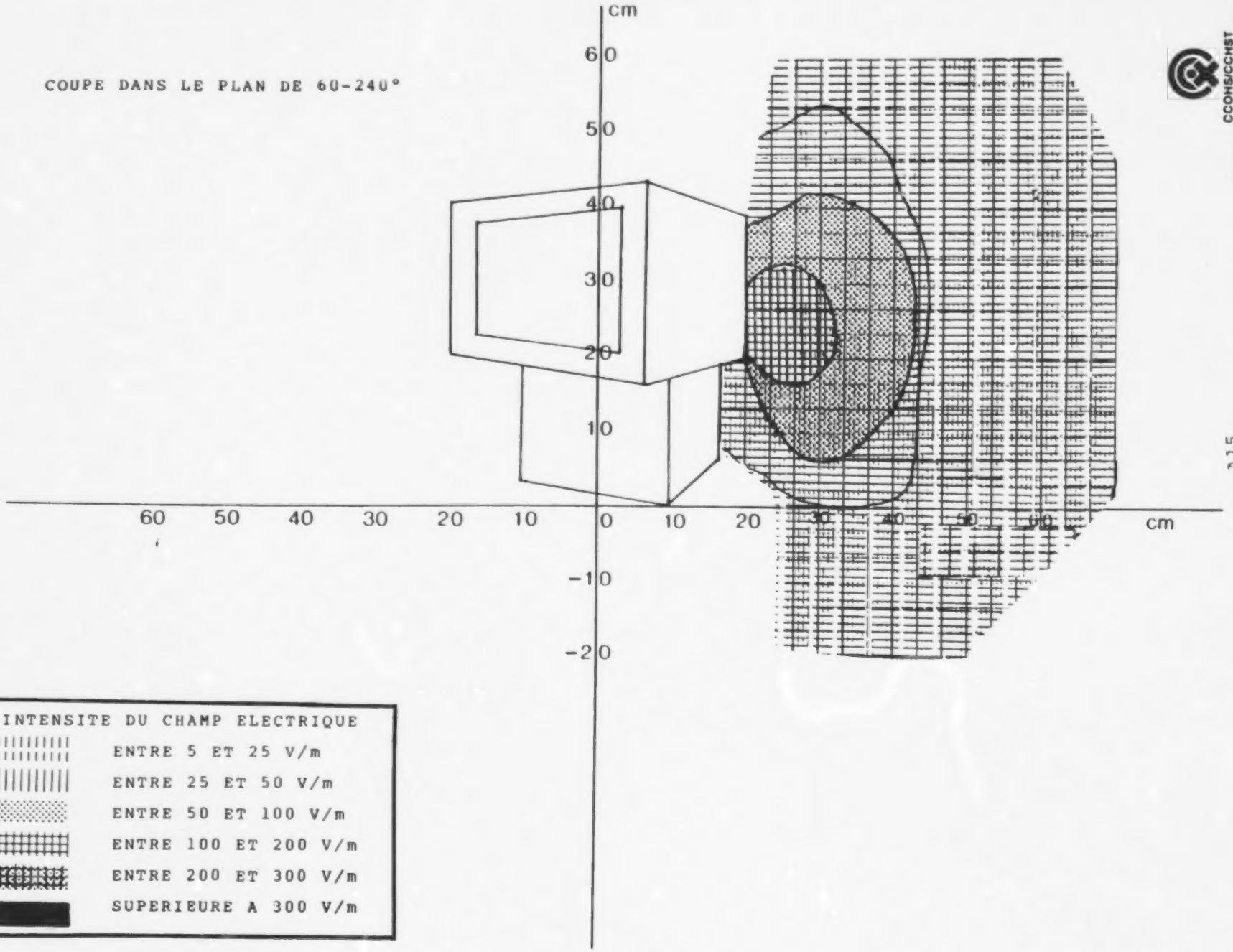
INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

A14

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

COUPE DANS LE PLAN DE 60-240°

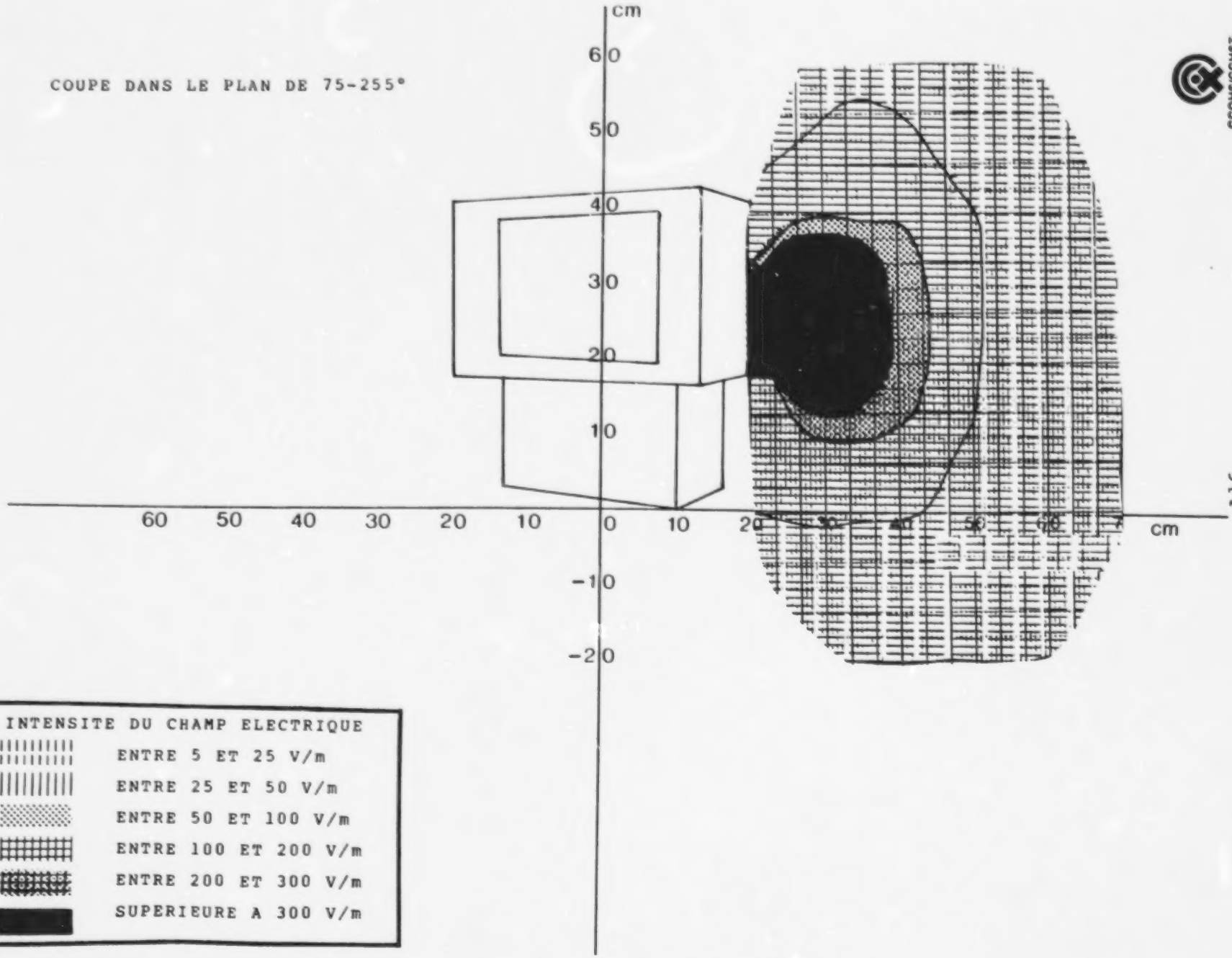


INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

COUPE DANS LE PLAN DE 75-255°



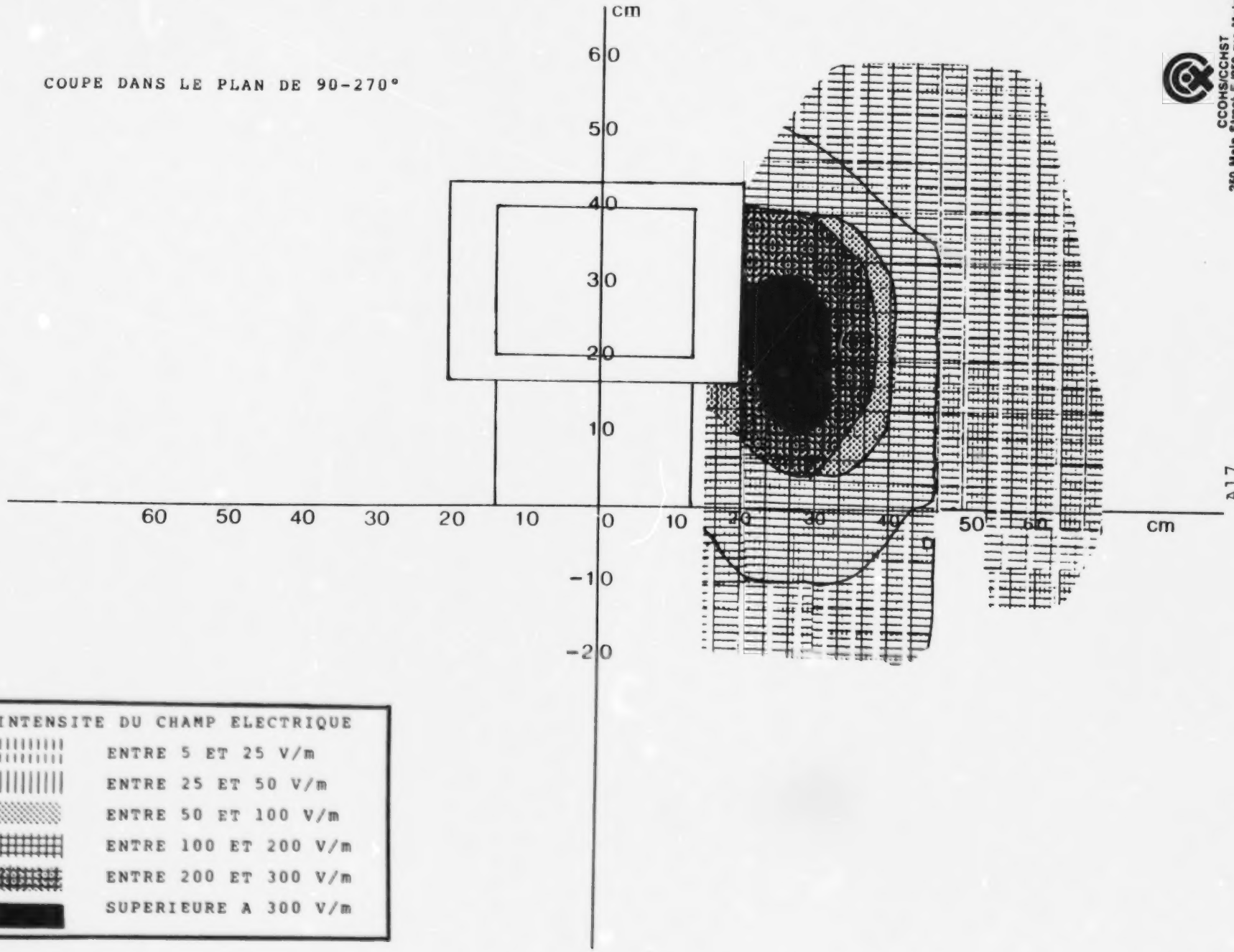
INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

A16

COUPE DANS LE PLAN DE 90-270°



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

A17

VUE EN COUPE DU RAYONNEMENT ELECTRIQUE
DE TRES BASSES FREQUENCES

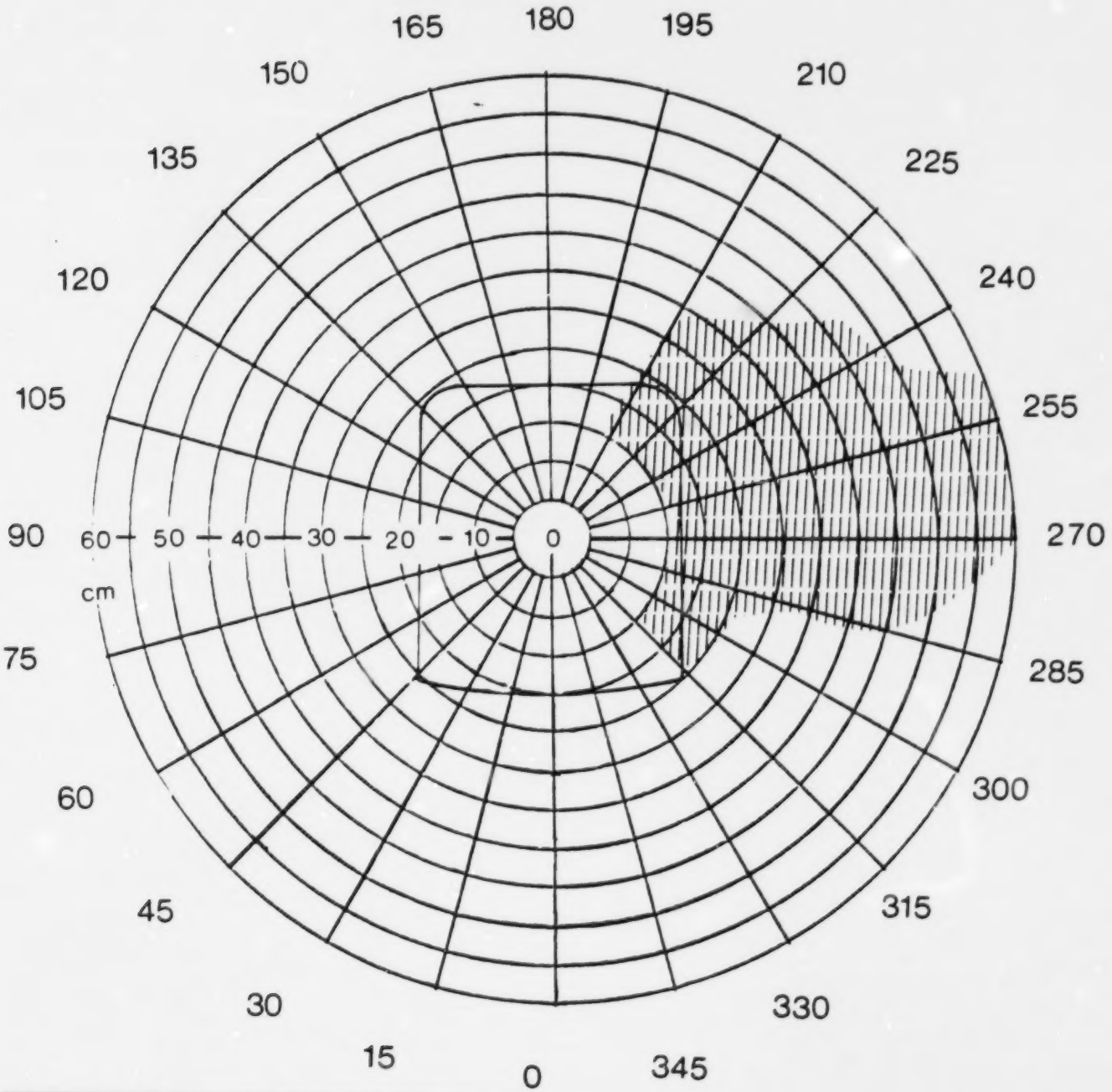
PLAN HORIZONTAL - HP2621A

B1 à B10

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621A A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE -20 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

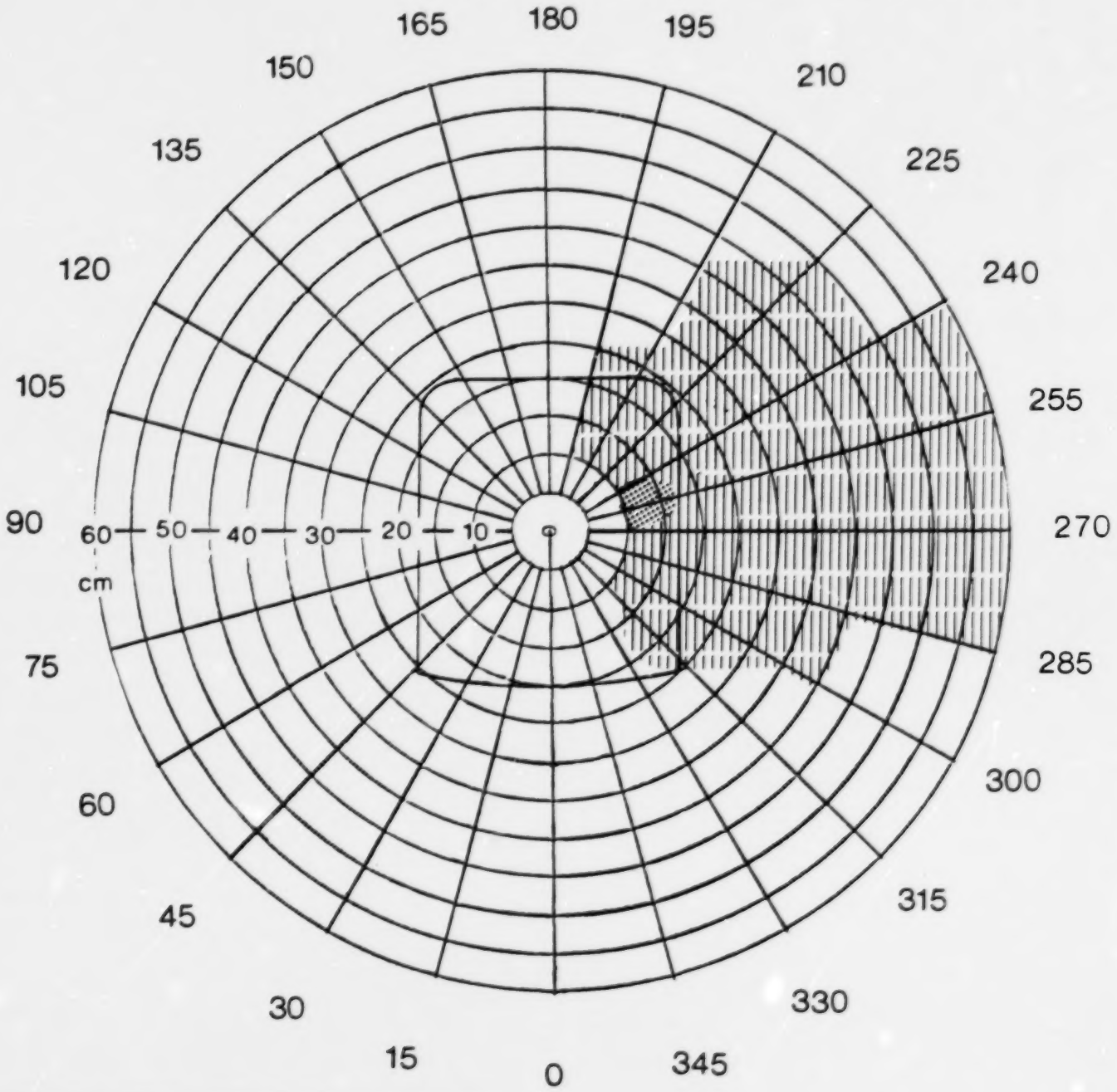
POSITION DE L'OPERATEUR

B1

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621A A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE -10 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

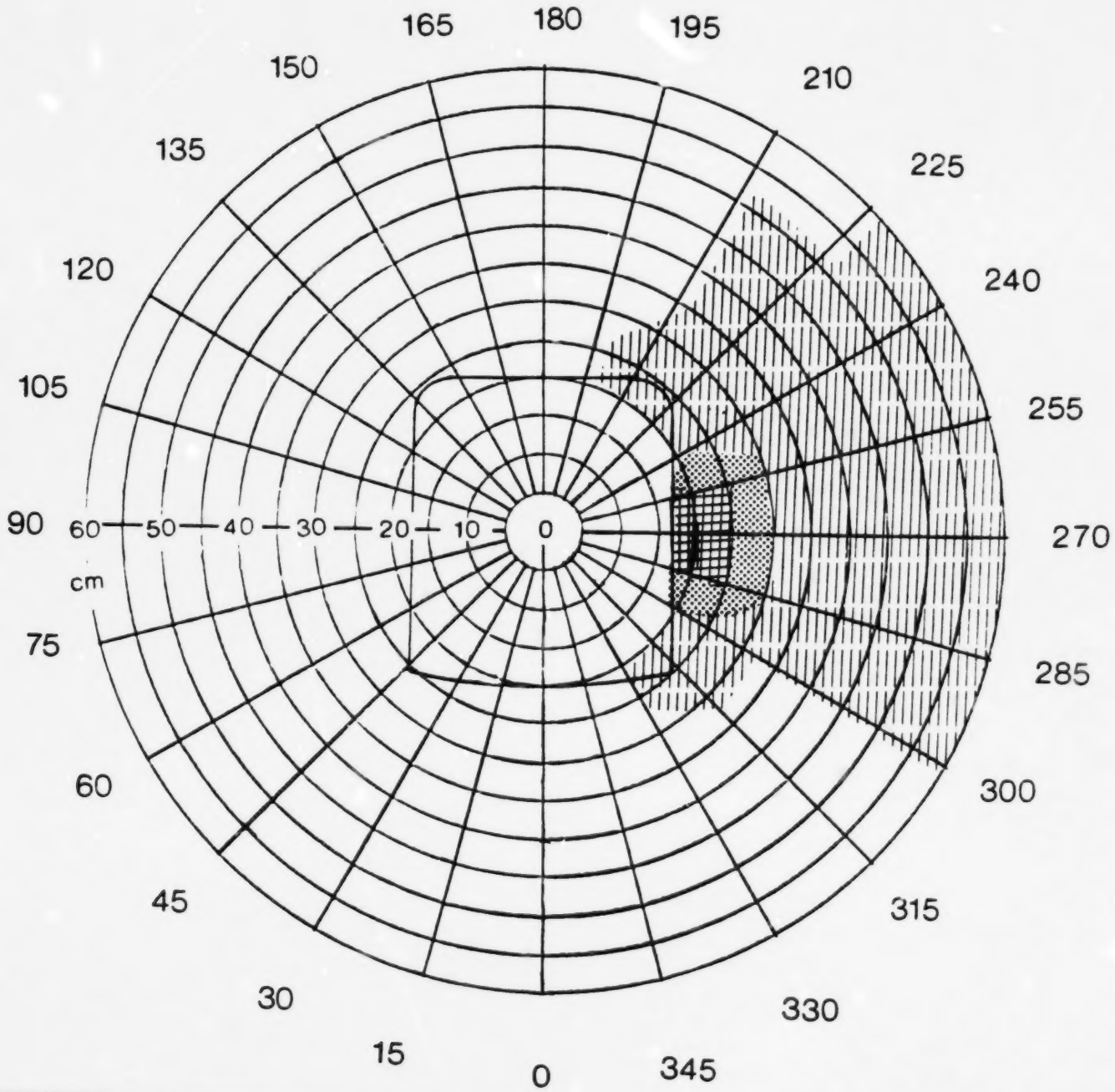
- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621A A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 0 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

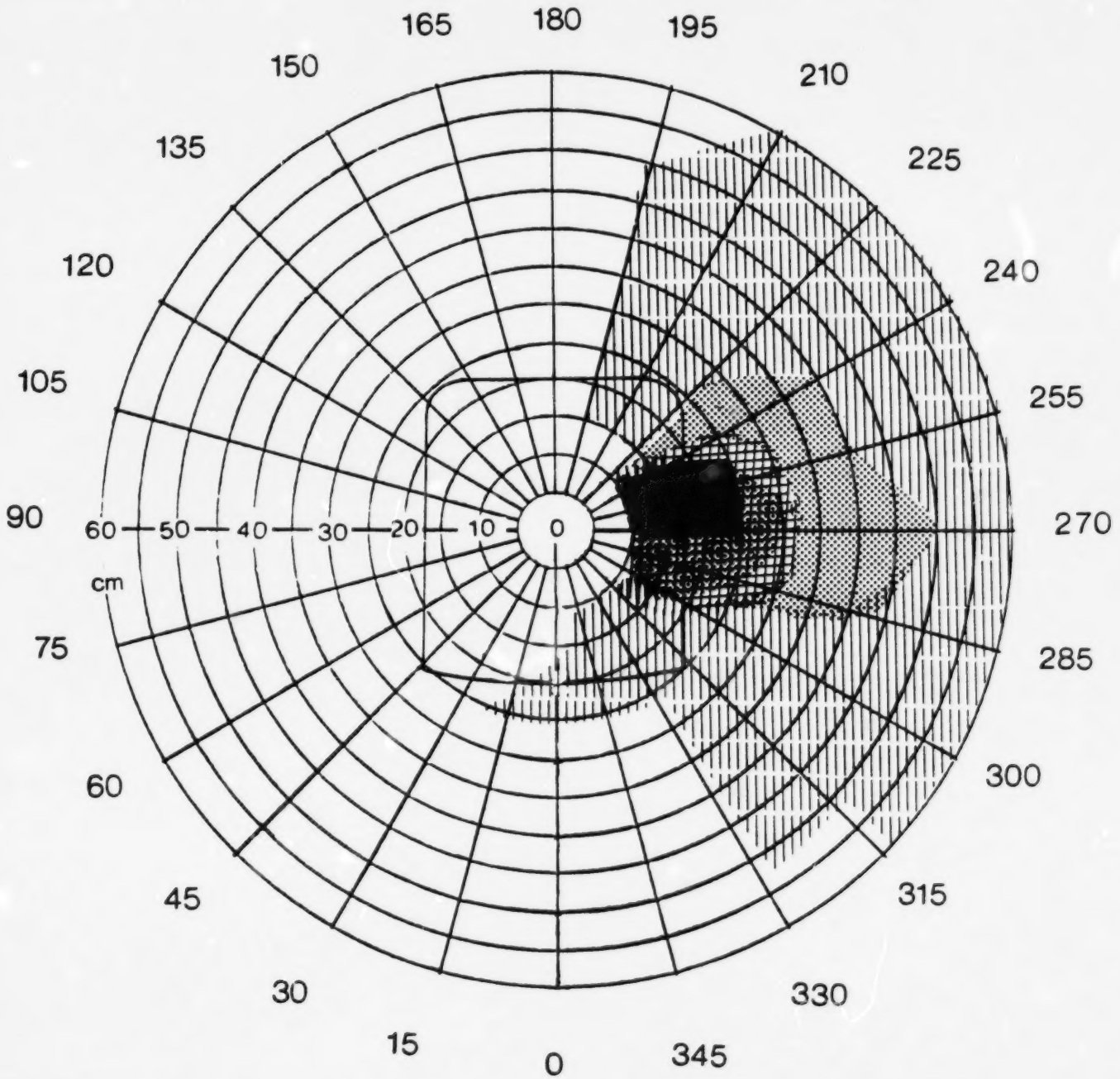
- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621A A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 10 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

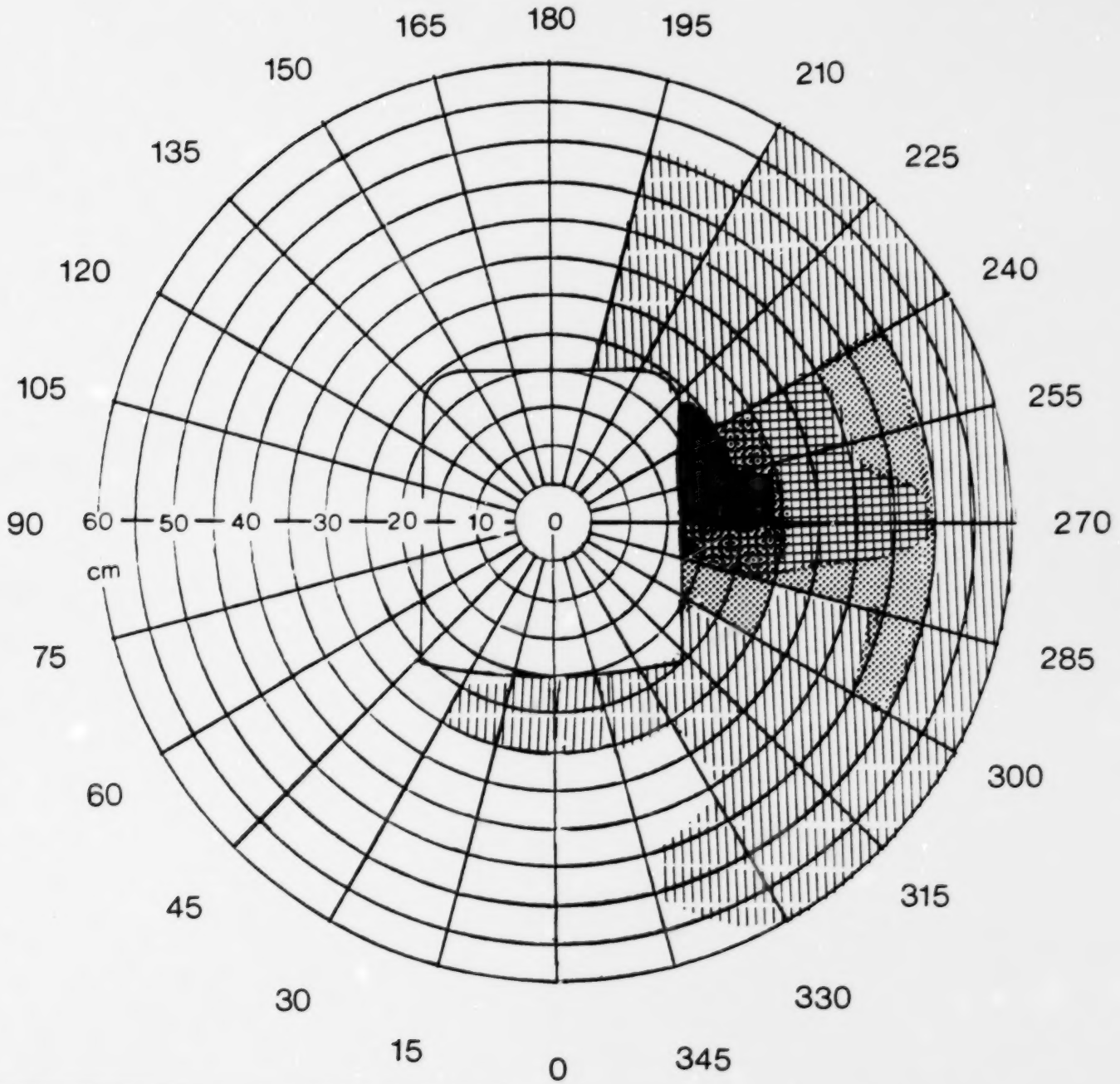
POSITION DE L'OPERATEUR

E4

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621A A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 20 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

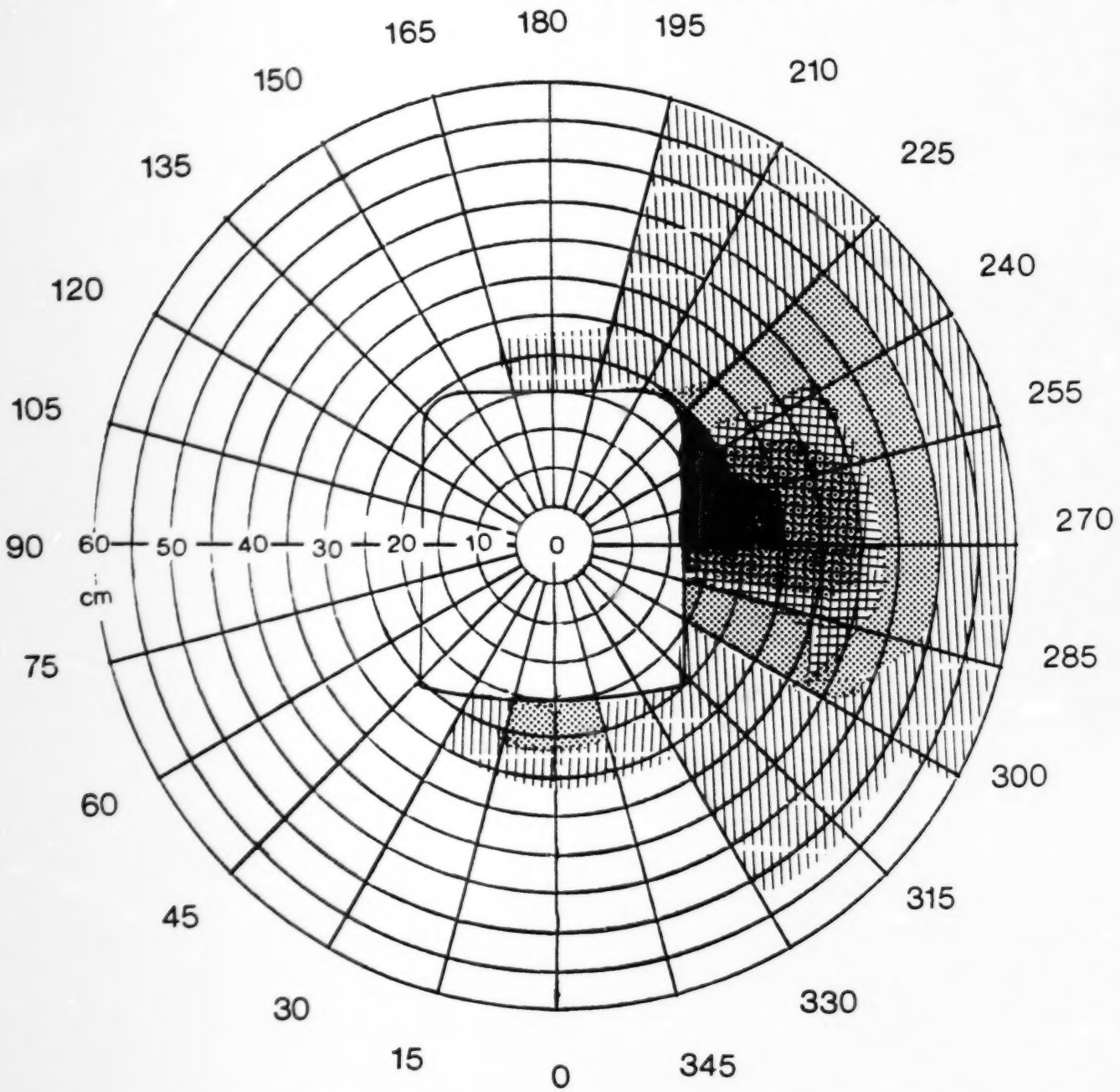
- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621A A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 30 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

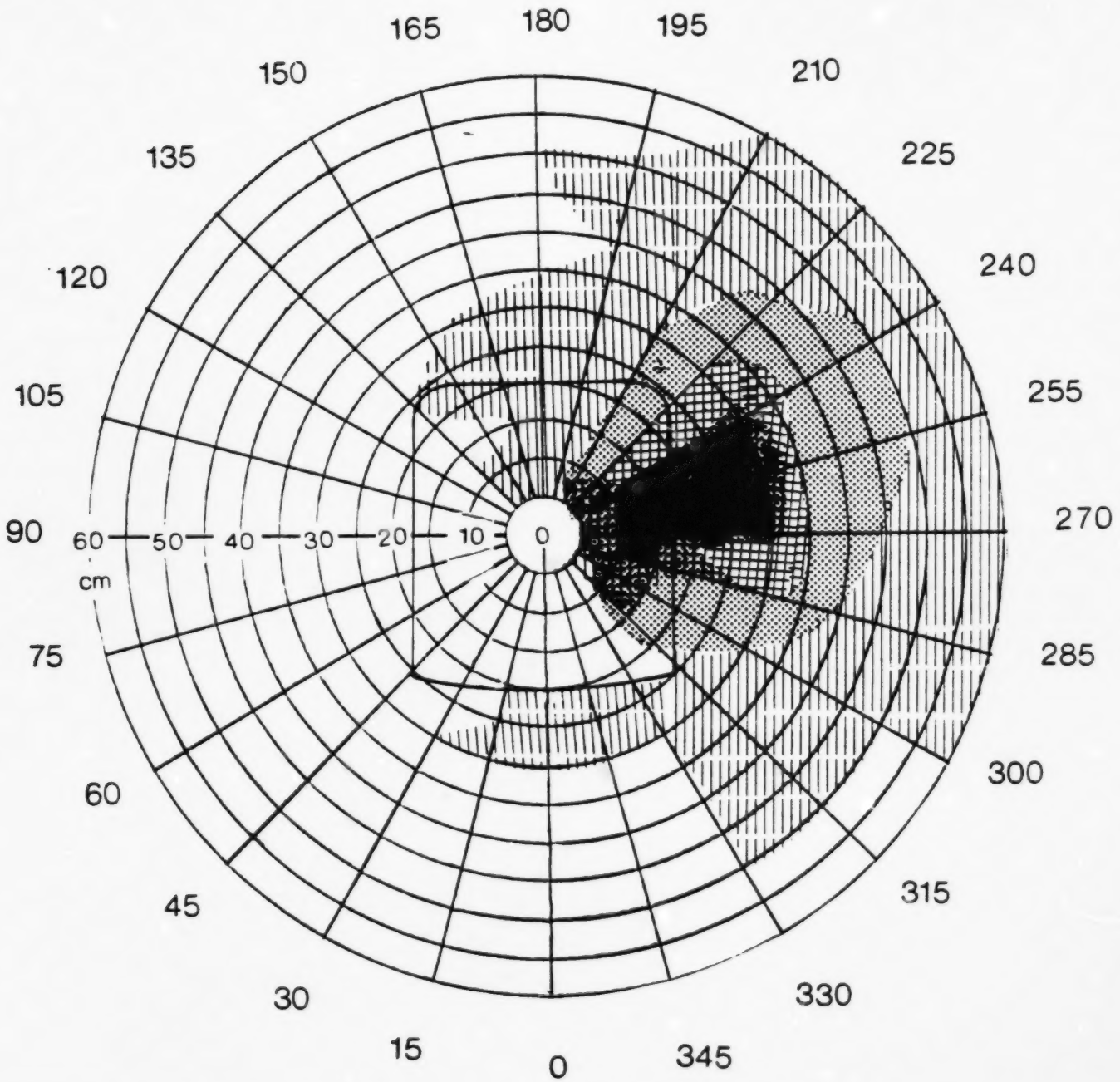
- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621A A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 40 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

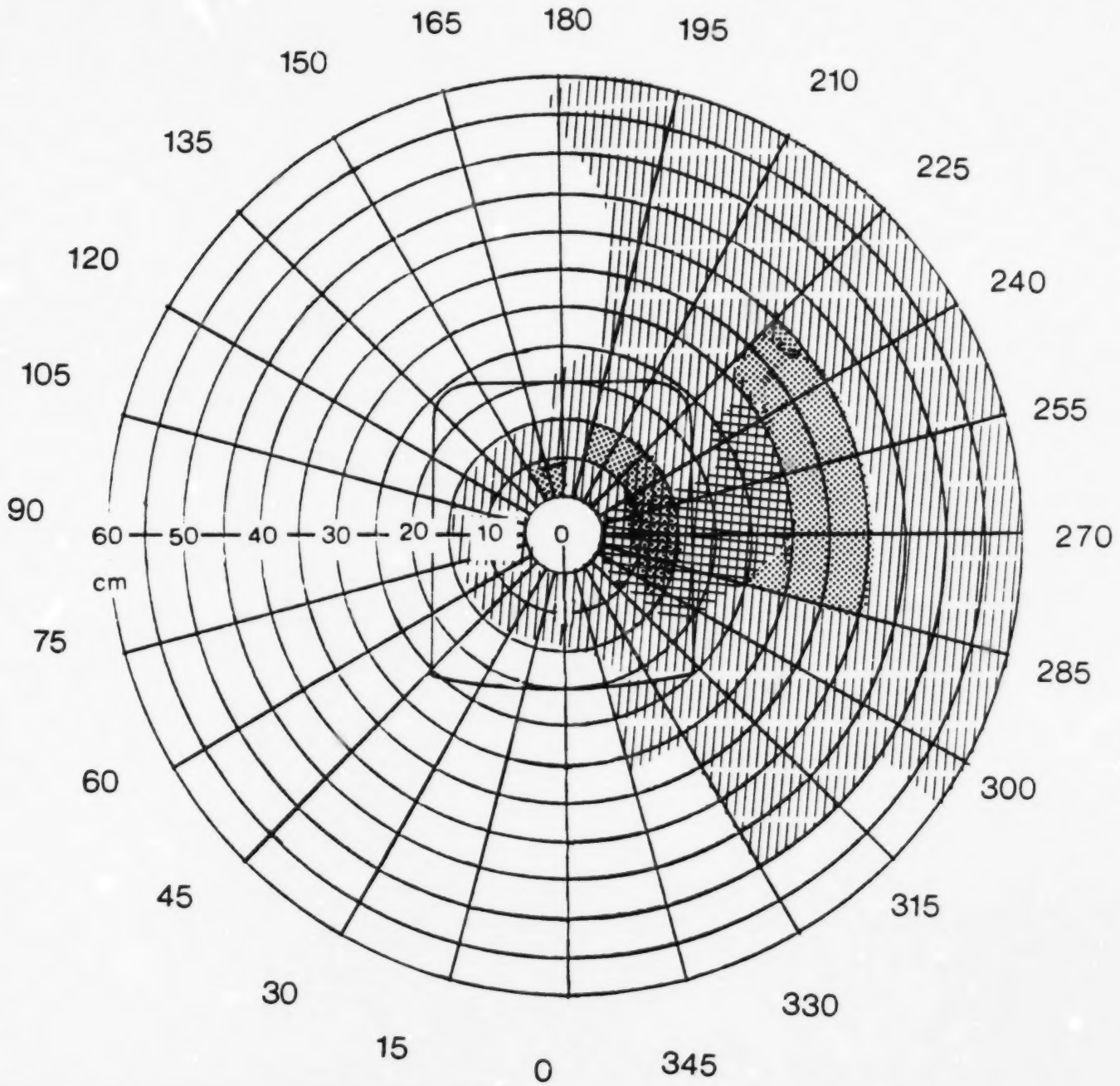
- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621A A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 50 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

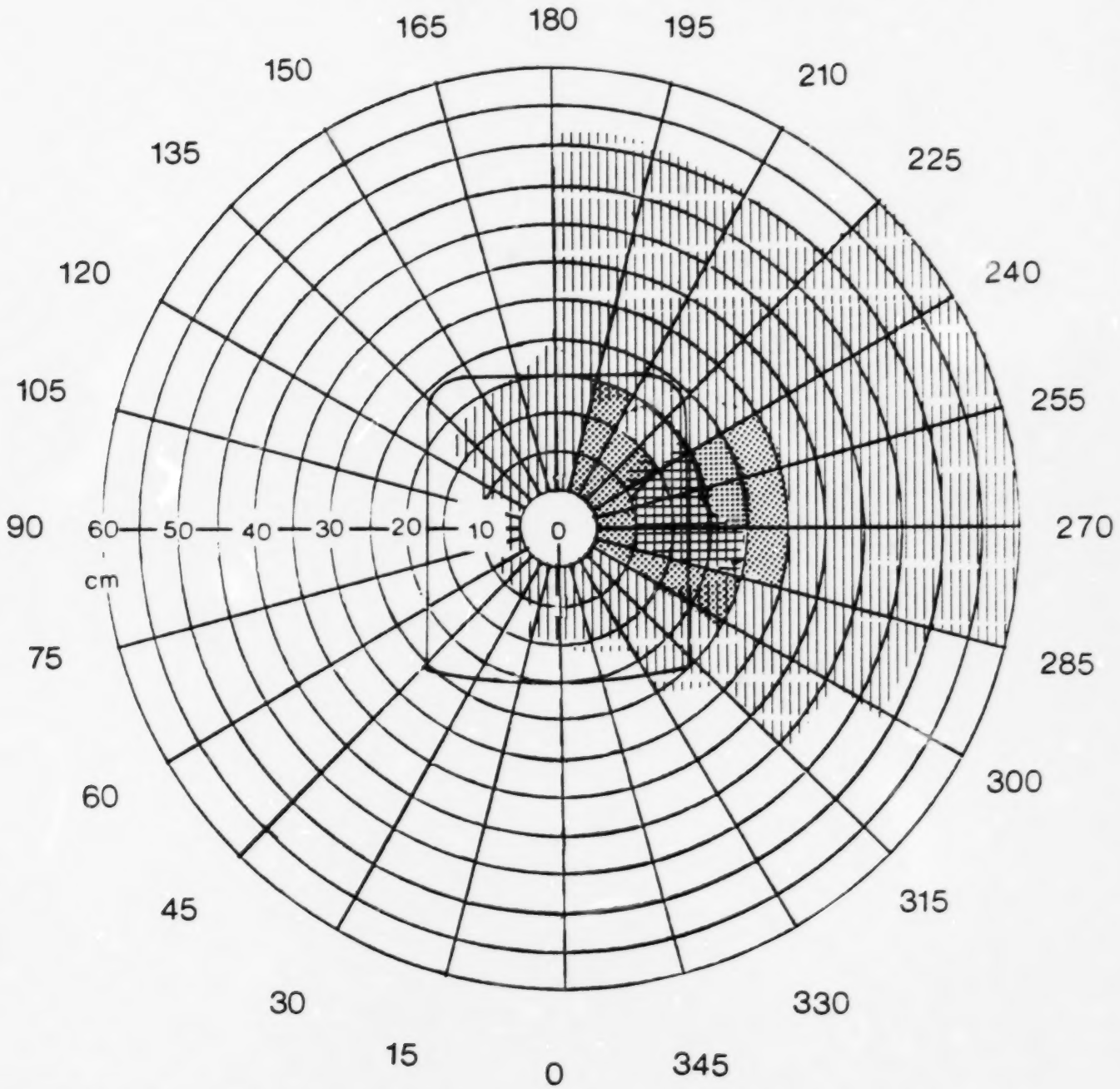
- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621A A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 60 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

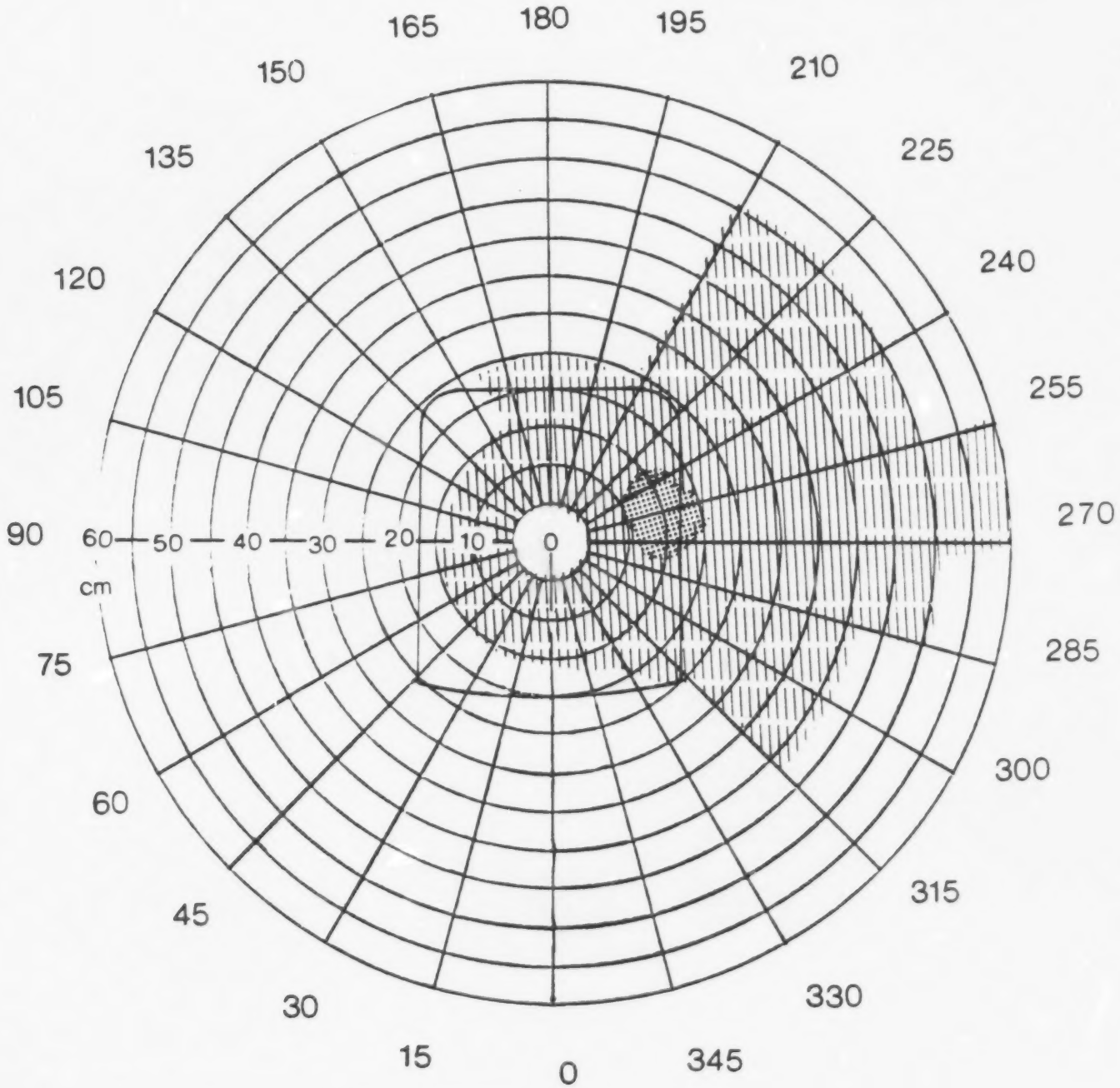
- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

DISTRIBUTION DU CHAMP ELECTRIQUE DE TRES BASSES FREQUENCES
AUTOUR DU HP-2621A A UNE HAUTEUR DONNEE - VUE DE DESSUS

HAUTEUR DE 70 cm PAR RAPPORT A LA BASE



INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

POSITION DE L'OPERATEUR

B10

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

VUE EN COUPE DU RAYONNEMENT ELECTRIQUE
DE TRES BASSES FREQUENCES

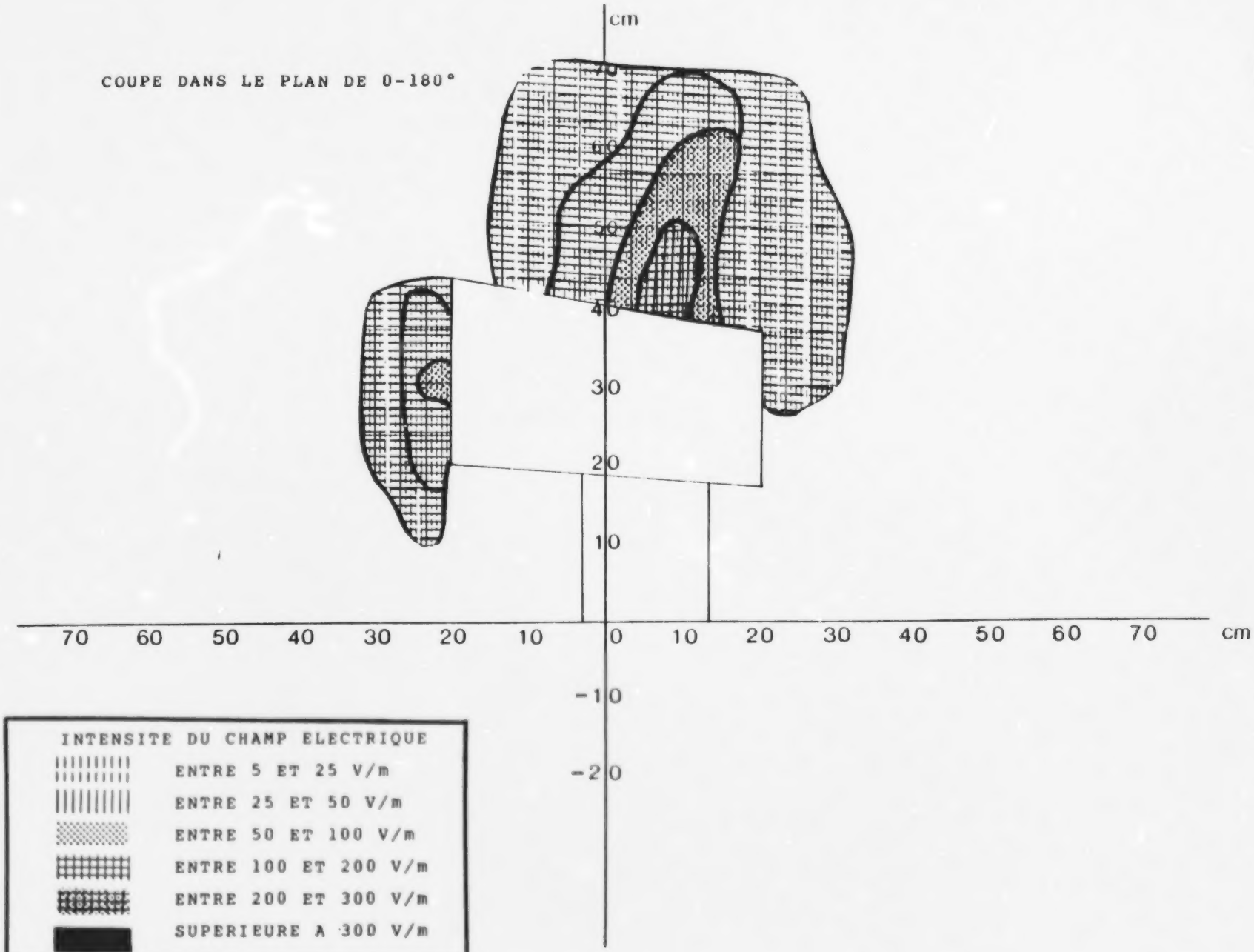
PLAN VERTICAL - HP2621A

B11 à B17

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H

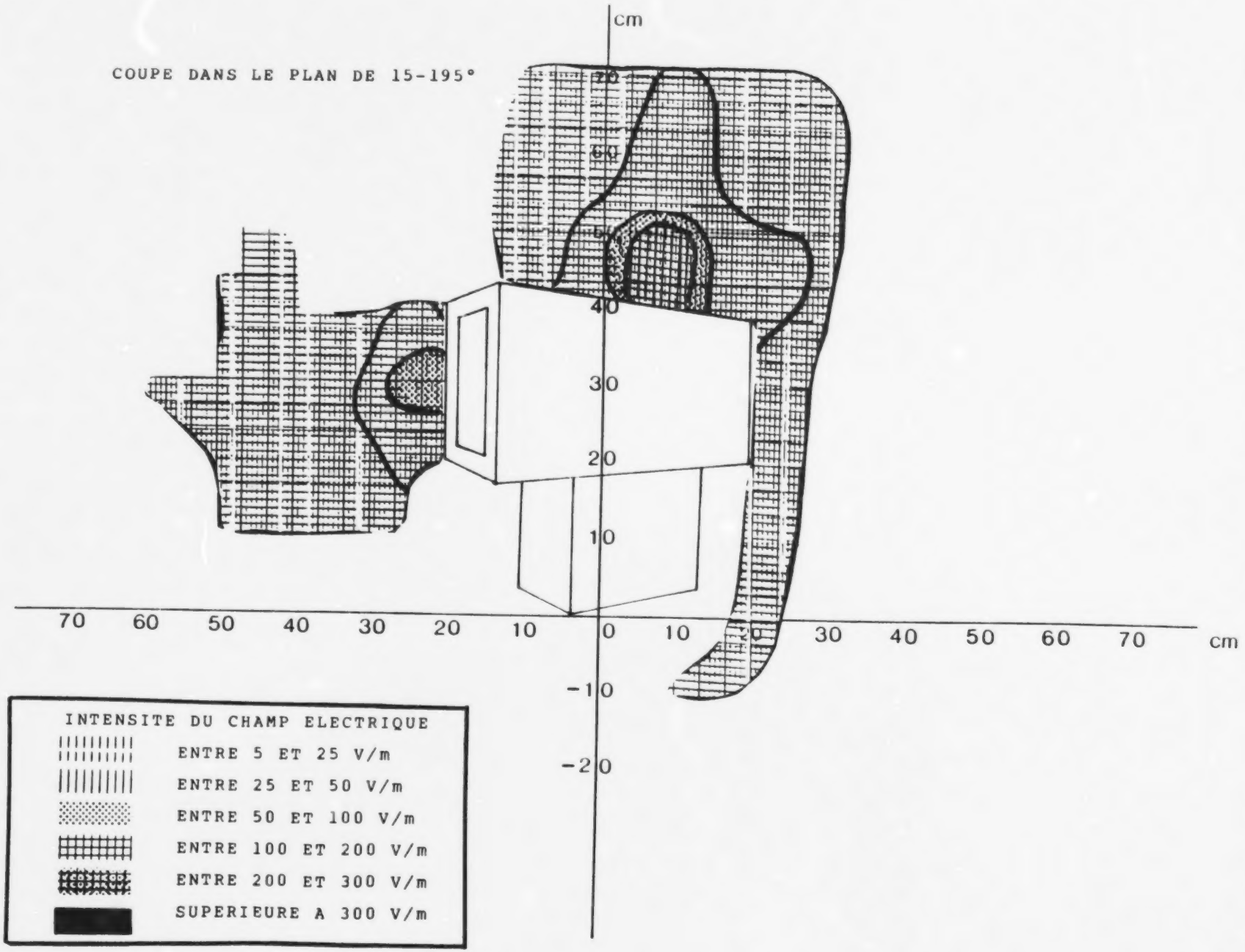
COUPE DANS LE PLAN DE 0-180°



B11

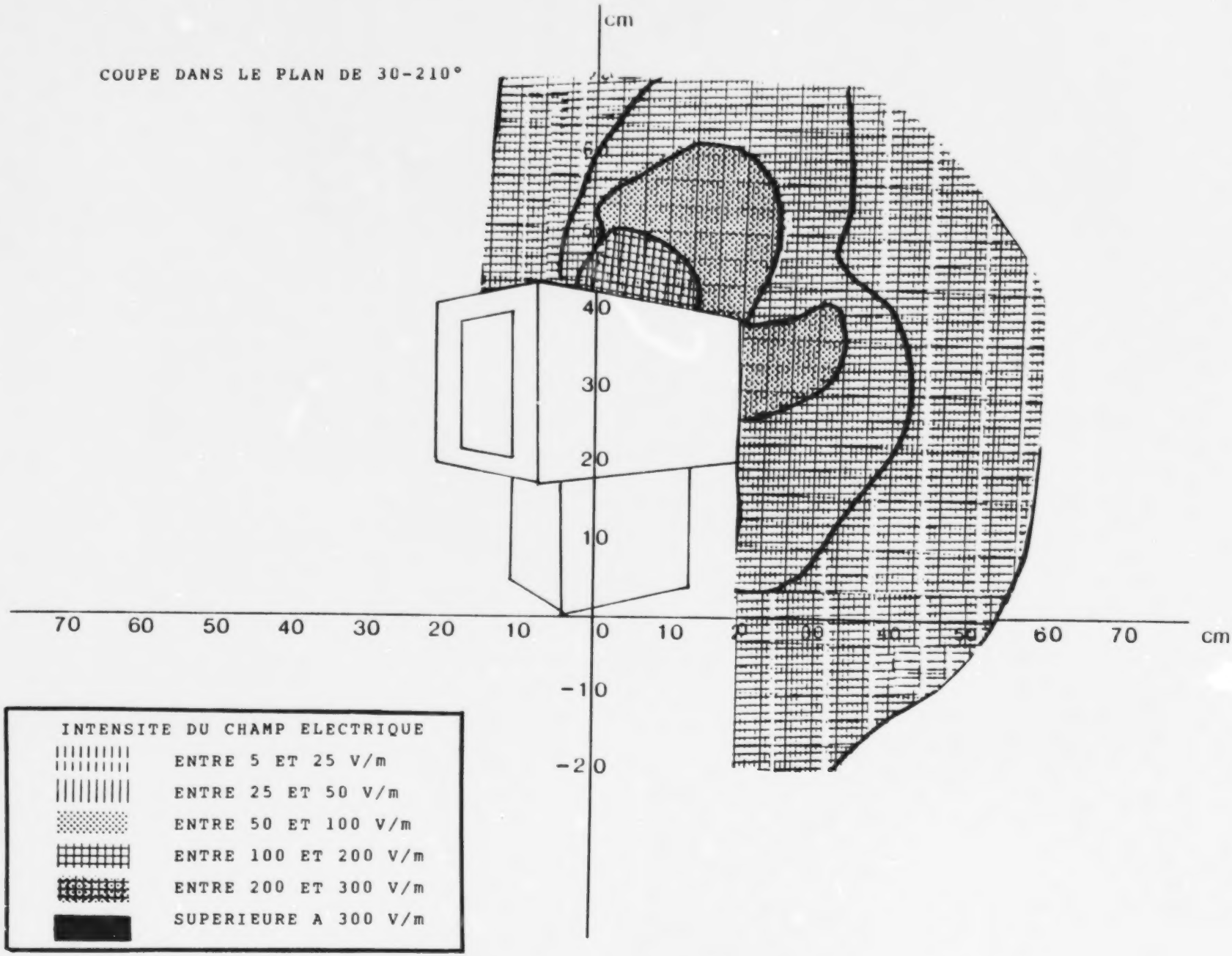
CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

COUPE DANS LE PLAN DE 15-195°



B12

COUPE DANS LE PLAN DE 30-210°



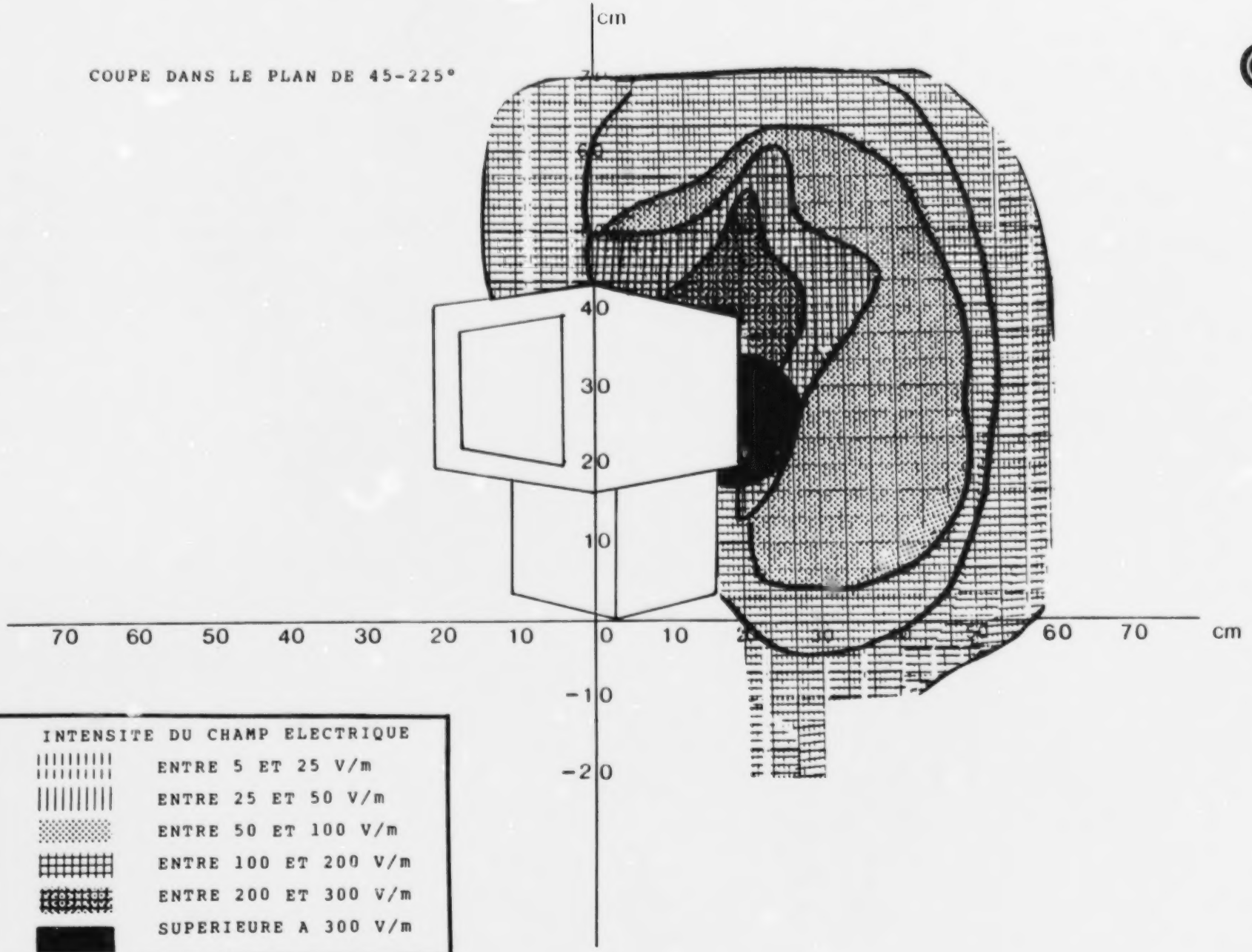
INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE

- ENTRE 5 ET 25 V/m
- ENTRE 25 ET 50 V/m
- ENTRE 50 ET 100 V/m
- ENTRE 100 ET 200 V/m
- ENTRE 200 ET 300 V/m
- SUPERIEURE A 300 V/m

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

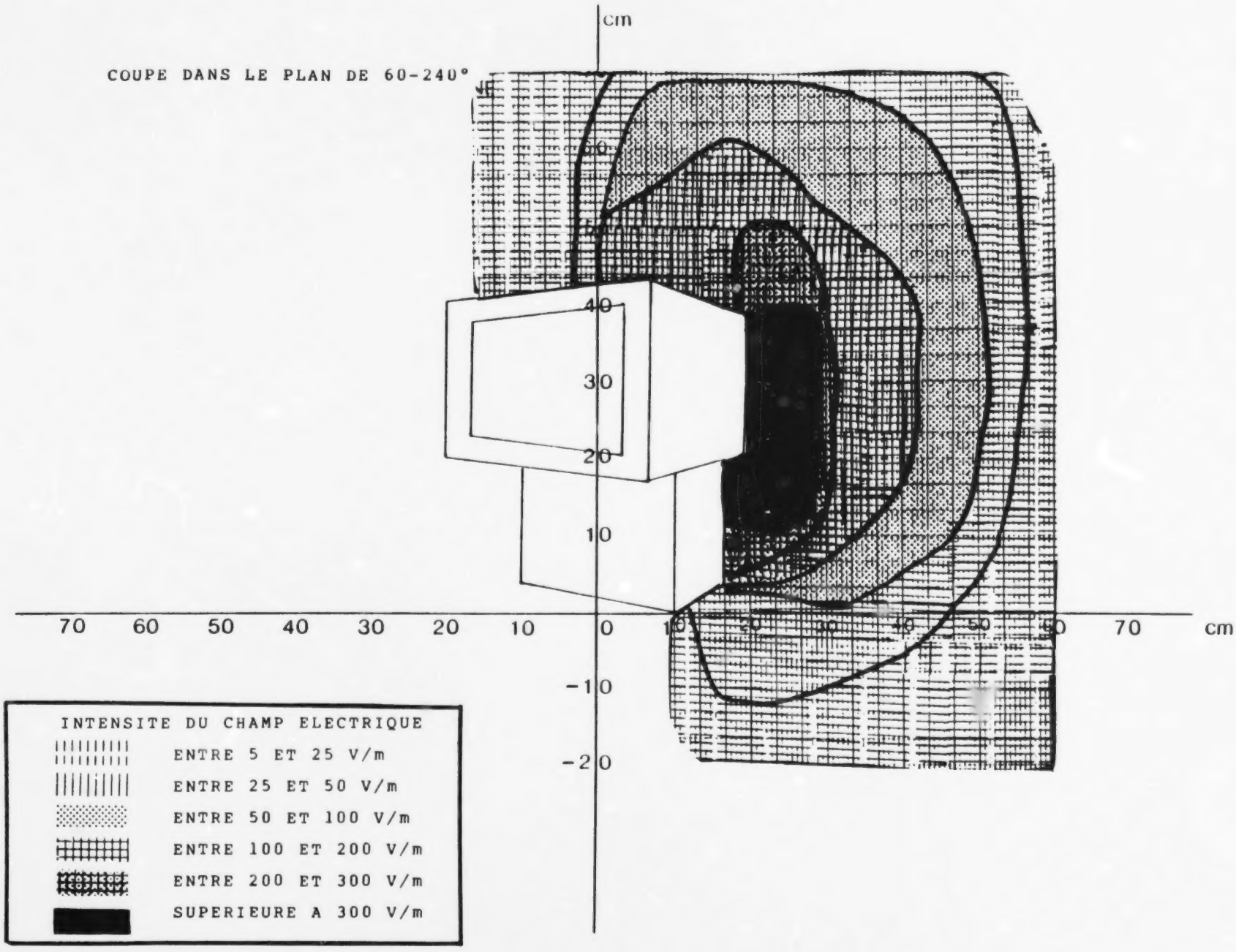
B13

COUPE DANS LE PLAN DE 45-225°



CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

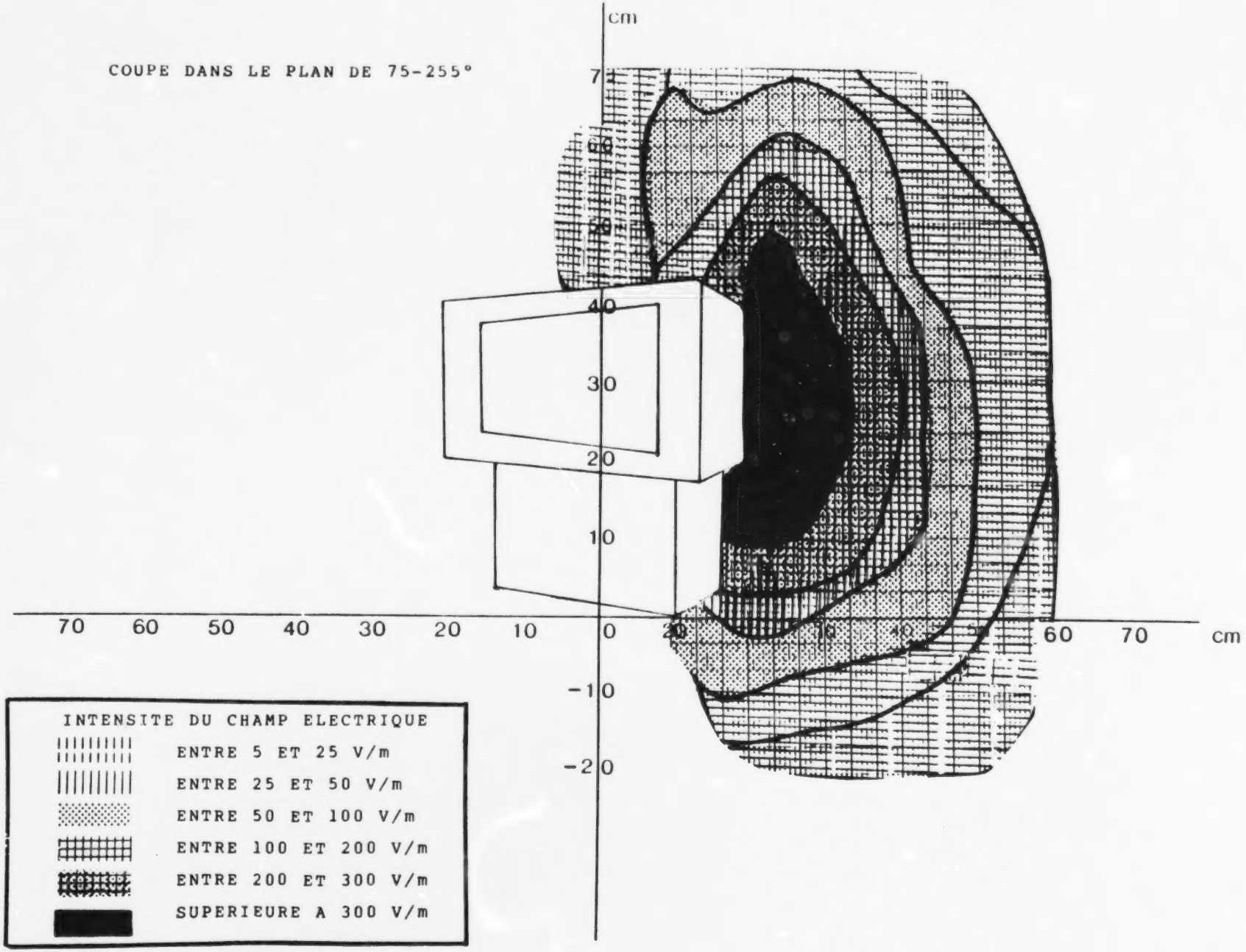
B14



CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H

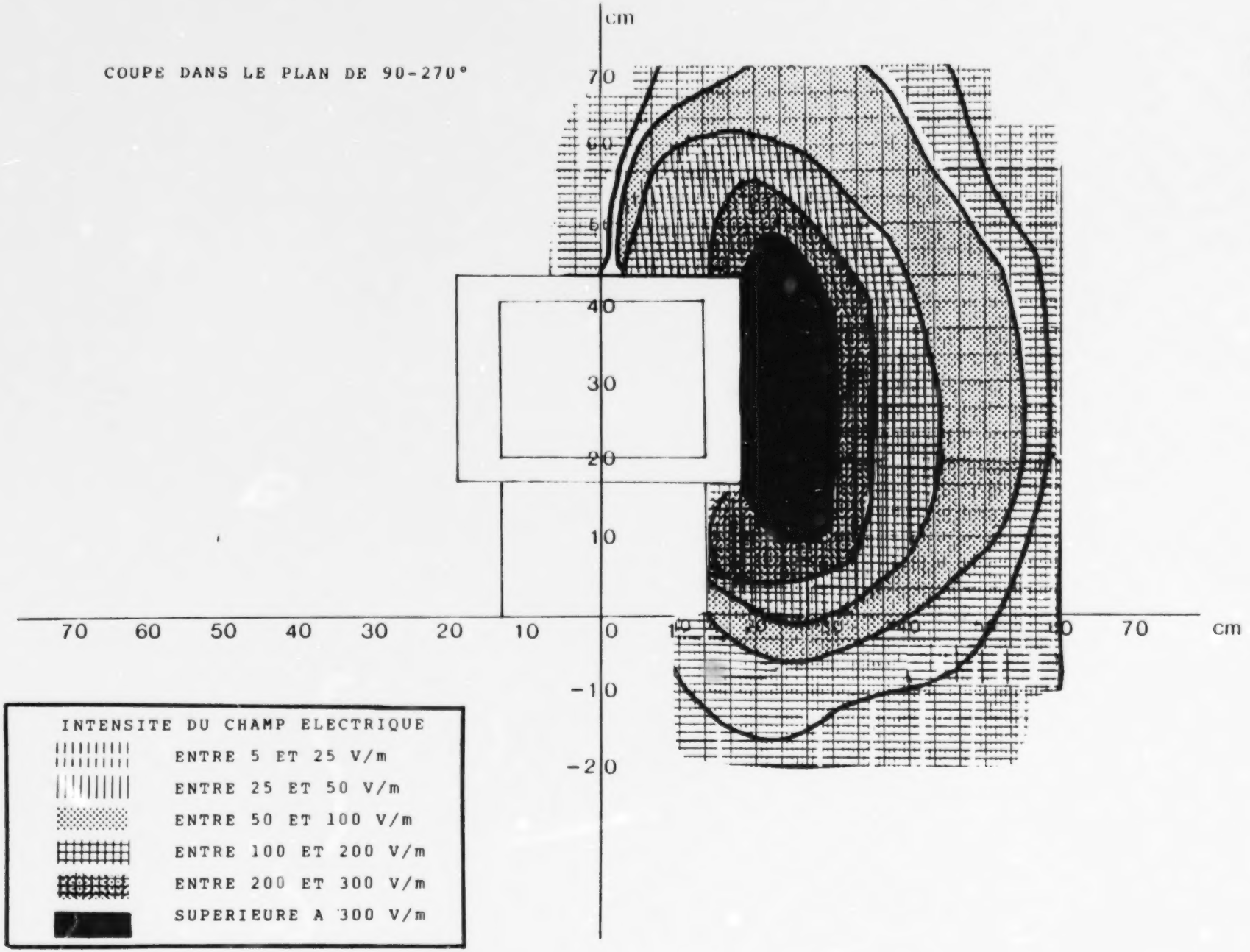
CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

COUPE DANS LE PLAN DE 75-255°



B16

COUPE DANS LE PLAN DE 90-270°



CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

B17

PHOTOS DE L'ENVELOPPE DE BLINDAGE EXPERIMENTALE

ANNEXE C

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H